PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO
Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki

Rok XXV Warszawa, 21 grudnia 1949 r. Zeszyt 10/11/12

SIEDEMDZIESIĄTA ROCZNICA URODZIN J. STALINA

21. XII. 1879 — 21. XII. 1949

Depesza Zarządu Głównego Stowarzyszenia Elektryków Polskich do Generalissimusa J. Stalina

W siedemdziesiątą rocznicę Twoich urodzin składamy Ci, jako kontynuatorowi nauk Marksa i Lenina oraz wodzowi światowego obozu pokoju, szczere i najserdeczniejsze życzenia długich lat zdrowia oraz rychłego zwycięstwa — pod Twoim przewodnictwem —socjalizmu na całym świecie.

My, elektrycy polscy, zapewniamy Cię, że swą usilną pracą oraz masowym udziałem w opracowaniu i realizacji planów gospodarczych i technicznych przyczynimy się do dzieła budowy i utrwalenia socjalizmu.

Stalin o planowej gospodarce, przemyśle i technice

Jesteśmy wolni od nieuleczalnych chorób kapitalizmu... Wyższość nasza polega na tym, że nie znamy kryzysów nadprodukcji, nie mamy i nie będziemy mieli milionów bezrobotnych, nie mamy anarchii w wytwórczości, albowiem prowadzimy gospodarkę planową... Możemy budować nasz przemysł na zasadach najdoskonalszej techniki i zapewniać dzięki temu niebywałą wydajność pracy, niebywałe tempo nagromadzenia.

Aby nowa technika mogła dać wyniki, trzeba jeszcze mieć ludzi, kadry robotników i robotnic, zdolne stanąć na czele techniki i pchnąć ją naprzód.

Musimy teraz zapewnić sobie trzykrotnie, pięciokrotnie więcej inżyniersko-technicznych i kierowniczych sił w przemyśle, jeśli rzeczywiście mamy zamiar zrealizować program socjalistycznego uprzemysłowienia ZSRR.

Aby uruchomić technikę i całkowicie ją wykorzystać, potrzebni są ludzie, którzy opanowali technikę, potrzebne są kadry, zdolne do opanowania i wykorzystania tej techniki według wszelkich prawideł sztuki.

Technika bez ludzi, którzy opanowali technikę, jest martwa. Technika mająca na czele ludzi, którzy opanowali technikę, może i musi dokonać cudów.

Aby kraj nasz miał dostateczną ilość kadr zdolnych do uruchomienia i posuwania naprzód techniki — winniśmy przede wszystkim nauczyć się cenić ludzi, cenić kadry, cenić każdego pracownika, mogącego przynieść korzyść wspólnej naszej sprawie. Trzeba nareszcie zrozumieć, że ze wszystkich istniejących na świecie cennych kapitałów, najcenniejszym i najbardziej decydującym kapitałem są ludzie, kadry. Należy zrozumieć, że w naszych obecnych warunkach „kadry decydują o wszystkim".

Ale potrzebne są nam nie byle jakie siły kierownicze i inżyniersko-techniczne. Potrzebne nam są takie siły kierownicze i inżyniersko-techniczne, które zdolne są zrozumieć politykę klasy robotniczej naszego kraju, zdolne są przyswoić sobie tę politykę i gotowe są zrealizować ją sumiennie. A co to znaczy? To znaczy, że kraj nasz wszedł w taką fazę rozwoju, kiedy klasa robotnicza musi stworzyć sobie swoją własną inteligencję wytwórczo-techniczną, zdolną do obrony jej interesów w produkcji, jako interesów klasy panującej.

Tylko te kadry są dobre, które nie boją się trudności, które nie chowają się przed trudnościami, przeciwnie — stawiają czoło trudnościom po to, żeby je przezwyciężyć i zlikwidować.

Zniesienie przeciwieństwa między pracą umysłową a pracą fizyczną można osiągnąć jedynie na podstawie podniesienia kulturalno-technicznego poziomu klasy robotniczej do poziomu pracowników inżyniersko-technicznych.

Mechanizacja procesów pracy jest tą nową dla nas i decydującą siłą, bez której niemożliwe jest utrzymanie ani naszego tempa, ani nowej skali produkcji.

Bez norm technicznych niemożliwa jest planowa gospodarka. Normy techniczne — to wielka siła regulująca, organizująca w fabryce szerokie masy robotnicze wokół przodujących elementów klasy robotniczej.

Dlaczego socjalizm może, musi zwyciężyć i bezwzględnie zwycięży kapitalistyczny system gospodarki? — Dlatego, że może dać wyższe wzory pracy, wyższą wydajność pracy niż kapitalistyczny system gospodarki. Dlatego, że może dać społeczeństwu więcej produktów i może uczynić społeczeństwo bogatszym niż kapitalistyczny system gospodarki.

Aby jednak socjalizm mógł osiągnąć ten swój cel i uczynić nasze społeczeństwo radzieckie społeczeństwem najzamożniejszym — trzeba mieć w kraju taką wydajność pracy, która przekracza wydajność pracy przodujących krajów kapitalistycznych.

Ruch stachanowski to taki ruch robotników i robotnic, który stawia sobie za cel przekroczenie obecnych norm technicznych, przekroczenie zaprojektowanych potencjałów wytwórczych, przekroczenie istniejących planów i bilansów wytwórczości.

Ruch stachanowski jest organicznie związany z nową techniką. Bez nowej techniki, bez nowych fabryk, bez nowych instalacji ruch stachanowski nie mógłby się u nas narodzić.

KRONIKA

LII. Zadania i postępy techniki oświetleniowej.

Oświetlenie elektryczne wyłącznie niemal panuje tam, gdzie jest do dyspozycji energia elektryczna; gdzie jej nie ma, tam właśnie tęsknota powszechna do światła elektrycznego toruje drogę elektryfikacji ogólnej.

Z tego powodu sprawami oświetleniowymi zajmują się wszędzie elektrycy, oni to bowiem wytwarzają w fabrykach wszelkie źródła światła elektrycznego oraz wszelki potrzebny do nich sprzęt pomocniczy, oni też projektują i budują urządzenia oświetleniowe w niezmiernie licznych, różnorodnych i rozległych dziedzinach zastosowania światła.

Wśród tych dziedzin rozróżniamy dwa wielkie działy: 1) oświetlenie wnętrz, gdzie najważniejsze grupy stanowią mieszkania, pomieszczenia publiczne oraz warsztaty fabryczne i inne miejsca pracy przemysłowej wszelkich specjalności łącznie z górnictwem podziemnym, oraz 2) oświetlenie terenów otwartych, spośród których należy wymienić przede wszystkim ulice w miastach oraz wszelkie miejsca pracy nocnej pod gołym niebem (montownie, porty, dworce, tory przeładunkowe, lotniska, obecnie u nas również tereny budowlane itd.).

Oświetlenie dekoracyjne oraz wszelkiego rodzaju sygnalizacja świetlna również wchodzą w zakres dzisiejszej techniki oświetleniowej.

Każde rozwiązanie urządzenia oświetleniowego musi odpowiadać wymaganiom nie tylko gospodarności oraz technicznej racjonalności, zapewniającej najlepszą wydajność pracy tych, którzy korzystają z oświetlenia, lecz również wymaganiom bezpieczeństwa i higieny.

Za ważną zdobycz ostatnich lat w technice oświetleniowej powinniśmy uznać najnowsze źródło światła przeznaczone do powszechnego stosowania — lampę fluoryzującą.

Wśród różnych znanych źródeł światła elektrycznego żarówka już dziesiątki lat temu wysunęła się na plan pierwszy dzięki swym bezspornym i niepospolitym zaletom. Zjawiła się przed 70 zgórą laty (1879) jako żarówka węglowa, której sprawność nie mogła przekroczyć 2,5—3,5 lm/W. Dopiero po upływie prawie 30 lat, bo około 1907—08 roku pozyskaliśmy żarówkę wolframową próżniową o sprawności przeszło dwa razy większej (7—8 lm/W), a w pięć lat później (1913) mieliśmy już żarówki wolframowe napełnione gazem, których sprawność dla mocy powyżej 75 W przy zastosowaniu skrętek i przy trwałości 1000 h sięgała już 13—18 lm/W i więcej.

Żarówka elektryczna dzięki prostocie i zwartości swej konstrukcji, dzięki łatwości montażu, utrzymania i wymiany, dzięki przydatności do oświetlenia zarówno wnętrz, jak i otwartych przestrzeni, dzięki rozległej skali mocy jednostkowej (od bardzo małej do dziesiątków kilowatów) zagarnęła wszystkie dziedziny oświetlenia, wypierając m. inn. lampy łukowe szeroko stosowane przez pewien okres do oświetlenia ulic, placów, wielkich hal fabrycznych i innych miejsc.

Tuż przed wybuchem drugiej wojny światowej ukazało się w handlu, a po wojnie rozpowszechniła się szybko nowe źródło światła elektrycznego, zwane lampą albo rurą fluoryzującą. Energia świetlna powstaje tu nie przy rozżarzaniu ciał do wysokiej temperatury, jak w żarówce, lecz przy przepływie prądu przez ciało lotne — przy tzw. wyładowaniu elektrycznym, występującym np. w znanych oddawna lampach rtęciowych, lampach sodowych, w „rurach neonowych".

Lampa fluoryzująca jest w zasadzie lampą rtęciową, w której wyładowanie odbywa się w parze rtęciowej bardzo niskiego ciśnienia. Różni się jednak od dawnych lamp rtęciowych tym, że nie daje jak tamte światła ubogiego w promienie czerwone, dzięki bowiem zastosowaniu specjalnych środków, a mianowicie dzięki wyzyskaniu zjawiska fluorescencji, może dostarczać światła o różnorodnym zabarwieniu. Najbardziej znamienną cechą rury fluoryzującej jest to, że w niej n i e w i d z i a l n e promienie pozafioletowe lampy rtęciowej, padając na proszki fluoryzujące umieszczone na wewnętrznej powierzchni rury, przetwarzają się w widzialne promienie w szerszych granicach widma. Środek ten pozwala przez właściwy dobór materiałów fluoryzujących otrzymać w lampach fluoryzujących rozległą gamę barw, a przede wszystkim światło białe różnych odcieni. To jest pierwsza zaleta nowego światła w porównaniu ze światłem żarówkowym.

Drugą ważną zaletą, którą rury fluoryzujące górują nad żarówkami, jest ich przeszło dwukrotnie większa sprawność, sięgająca 40 lm/W i więcej, przy większej trwałości. Z tym się wiąże mniejsze wytwarzanie ciepła przez lampy fluoryzujące. Mniejszą jaskrawość należy wymienić jako dalszą zaletę rury fluoryzującej.

Ale rura fluoryzująca wykazuje również pewne ujemne cechy przy porównywaniu jej z żarówką: nadaje się narazie tylko do oświetlenia wnętrz, wymaga dość skomplikowanego sprzętu pomocniczego (zapłonniki, stabilizatory i in.); trwałość jej zależy od liczby wyłączeń i spada ze wzrostem tej liczby — przy niezbyt częstych wyłączeniach przekracza 2000 h i może dojść do 3000 h; również strumień świetlny rury fluoryzującej spada z biegiem czasu silniej niż w żarówce, zwłaszcza w początkowym okresie pracy.

Pomimo tych stron ujemnych zastosowanie lamp fluoryzujących w pewnych dziedzinach oświetlenia (warsztaty, hale fabryczne, biura, sklepy) rozwija się w ciągu 10 lat ich istnienia w handlu, a zwłaszcza w latach powojennych bardzo szybko i to we wszystkich krajach. W roku bieżącym zapoczątkowano już produkcję tych rur również w Polsce. Niektóre nasze przemysły, np. włókienniczy mają w swych planach na najbliższe lata wprowadzenie oświetlenia fluorescencyjnego w dużej skali.

Przegląd Elektrotechniczny w okresie powojennym jeszcze nie poruszał na swych łamach zagadnień oświetleniowych. Zeszyt niniejszy podaje zarówno dość szczegółowe informacje o lampach fluoryzujących (ich podstawach fizycznych, własnościach, budowie oraz sposobach instalowania i stosowania w praktyce), jak również obfity (acz jeszcze niekompletny) materiał z innych dziedzin techniki oświetleniowej. Spłacając w ten sposób dług wobec swych czytelników, pragnęlibyśmy zainteresować młodszych elektryków tą ważną i ciekawą dziedziną, zbyt bowiem mało mamy w kraju specjalistów-oświetleniowców.

LIII. Dwadzieścia pięć roczników Przeglądu Elektrotechnicznego.

Zeszytem niniejszym zamykamy XXV-ty rocznik Przeglądu. Nie jest to jednocześnie 25-lecie istnienia pisma. Założony w 1919 roku Przegląd Elektrotechniczny istnieje 31 lat, lecz ukazywać się mógł tylko w ciągu 25 lat i to niepełnych. W ciągu 6-letniego okresu wojennego, okresu okupacji, pismo zmuszone do milczenia przebywało w letargu, odzwierciadlając w miniaturze losy całego narodu, któremu wojna niszczyła warsztaty pracy i zamykała drogi rozwoju i postępu.

Przegląd Elektrotechniczny był pierwszym samodzielnym czasopismem elektrotechnicznym w Polsce i powstał z chwilą odzyskania niepodległości. Jego zwiastunem i zalążkiem był dział „Elektrotechnika', który co miesiąc ukazywał się w Przeglądzie Technicznym w latach 1904—1905 i 1911—1919.

W latach 1923—1939 wychodził pod wspólną z Przeglądem Elektrotechnicznym (wówczas dwutygodnikiem) okładką miesięcznik „Przegląd Radiotechniczny'.

Od 1921 r. Przegląd Elektrotechniczny jest organem Stowarzyszenia Elektryków Polskich, a od wznowienia pisma po wojnie we wrześniu 1946 r. stał się również organem dwu Centralnych Zarządów — Energetyki i Przemysłu Elektrotechnicznego.

Z okazji zamknięcia rocznika jubileuszowego godzi się tu przypomnieć, że założycielem i pierwszym redaktorem pisma był (1919—1920) prof. Stanisław Wysocki. Po nim redaktorami byli: prof. Mieczysław Pożaryski (1921—1926), inż. Wacław Pawłowski (1927—1938), inż. Włodzimierz Kotelewski (1938—1939). Prof. M. Pożaryski zachował naczelne kierownictwo pisma do końca 1927 r.*).

Tadeusz Czaplicki

*) Dalsze szczegóły przedwojennej historii Przeglądu ob. R. Podoski, Historia wydawnictwa „Przegląd Elektrotechniczny" (PE, 1939, z. 12, str. 643—649).

INŻ. WŁADYSŁAW FELHORSKI

O nowoczesnych źródłach światła elektrycznego

Treść. Opierając się głównie na materiałach kongresu Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Paryżu z r. 1948 autor opisuje nowoczesne źródła światła najczęściej stosowane do celów oświetleniowych. W szczególności są podane najważniejsze własności lamp łukowych, stosowanych w kinematografii i do obrony przeciwlotniczej, lamp żarowych, lamp jarzeniowych rtęciowych średniej i wysokiej prężności, normalnej i wielkiej jaskrawości, chłodzonych wodą i powietrzem, jak wreszcie lamp fluoryzujących.

Современные источники света. Опираясь главным образом на трудах Конгресса Международной Осветительной Комиссии в Париже 1948 г., автор дает описание современных источников света наиболее распространенных для осветительных целей. В частности приводятся важнейшие свойства дуговых ламп, применяемых для кинос'емок и воздушной защиты, затем ламп накаливания, ртутных ламп среднего и высокого давления, нормальной и высокой яркости, охлаждаемых водой и воздухом, наконец флуоресцентных ламп.

Modern Lighting Sources. The author, mainly on the basis of documentary materials of the 1948 Paris Congress of the International Commission on Illumination, provides a description of the modern light sources most generally used for lighting purposes. In particular, reference is made to the more important properties of arc lamps, such as used for filming and for anti-aircraft defence, of incandescent lamps and mercury vapour discharge lamps of medium and high pressure, of ordinary and high brightness, both water and air cooled, as well as of fluorescent lamps.

WSTĘP

Oszczędności, które większość krajów świata musiała podczas ostatniej wojny wprowadzić w gospodarce energetycznej, brak niektórych surowców, a przede wszystkim obowiązujące powszechnie zaciemnienie przeciwlotnicze spowodowały wydatne zmniejszenie produkcji źródeł światła, co wpłynęło pośrednio i na zahamowanie prac nad udoskonaleniem tych źródeł. W tym samym czasie powstały jednak potrzeby inne, związane z prowadzeniem wojny; zmusiły one do podjęcia prac badawczych, których wyniki obecnie wyzyskujemy w ogólnych zagadnieniach oświetleniowych.

Artykuł niniejszy obejmuje przegląd postępów, które technika źródeł światła poczyniła od lat bezpośrednio poprzedzających drugą wojnę światową *).

W historycznym rozwoju źródeł światła nie wiele tylko źródeł zostało całkowicie wycofanych z obiegu (stało się tak np. z lampą Nernsta). Jednak większość starszych źródeł ulega stopniowemu wypieraniu przez nowsze i bardziej udoskonalone. Usunięte z dziedziny szerszej, którą obsługiwały, zostają one ograniczone do pracy w węższej dziedzinie specjalnej.

Taki los spotkał pierwotną żarówkę o włóknie węglowym, która obecnie gra jeszcze pewną rolę w niektórych zagadnieniach specjalnych (lampy oporowe, lampy grzejne), nie związanych zresztą z techniką oświetleniową.

Znacznie mniej dotknięte zostało najstarsze z obecnie stosowanych źródeł światła: lampa o łuku węglowym. Nie obsługuje już ona co prawda, jak to było dawniej, wielkiego odcinka pracy — oświetlenia ulicznego i fabrycznego, jednak przez dalsze udoskonalenia lampa ta uzyskała inny teren pracy, z którego jej dotąd ani lampa żarowa, ani też jarzeniowa nie zdołały wyprzeć.

I. LAMPY O ŁUKU WĘGLOWYM

Lampy te, jako źródła światła o małych wymiarach i bardzo znacznej jaskrawości, doskonale nadają się do wszelkiego rodzaju przyrządów optycznych skupiających i kierujących strumień świetlny. W szczególności w filmowym przemyśle wytwórczym oraz przy wyświetlaniu filmów lampy łukowe są w powszechnym użyciu.

Udoskonalone w czasach ostatnich lampy te mogą być budowane o dowolnie dużym strumieniu świetlnym potrzebnym w praktyce. Maksymalna wartość energii promienistej, stosowanej do projekcji, nie jest już, jak to było do niedawna, ograniczona wydajnością lampy, a jedynie odpornością filmu na działanie cieplne tej energii.

Ostatnie postępy w oświetleniu ekranów projekcyjnych polegają też na zastosowaniu układów optycznych o szerszym otworze oraz specjalnych soczewek. Już przy węglach miedziowanych o niewielkiej średnicy (dodatni 6 mm, ujemny 5 mm) przewodzących prąd o natężeniu 30 A i przy spadku napięcia w łuku 28 V osiąga się na ekranie 2300 lumenów.

Zastosowanie potężniejszych źródeł umożliwia bardzo silne oświetlenie największych nawet ekranów znanych w praktyce filmowej. Przykładem takiego urządzenia jest aparat projekcyjny, posiadający układ optyczny o f/2,0 i lampę łukową o średnicy węgla dodatniego 13,6 mm, natężeniu prądu 170 A, spadku napięcia w łuku 75 V, który daje na ekranie (bez filmu w aparacie i strat w migawce) 21 500 lumenów.

Przed wojną były — jak wiadomo — powszechnie stosowane w kinach lampy łukowe na prąd stały. Jednakże podczas wojny, gdy o prostowniki i przetwornice było trudno, znaczne rozpowszechnienie zdobyły lampy na prąd zmienny. Transformator, stosowany w tym urządzeniu, ma charakterystykę prądowo-napięciową ujemną, co czyni zbytecznym stosowanie oporności uspokajającej. Łuk pod napięciem 28 V przewodzi prąd o znacznym natężeniu 80—90 A między węglami miedziowanymi z knotem z ceru.

Trudność stosowania prądu zmiennego 50-okresowego do lamp łukowych w aparatach kinowych polega na migotaniu, które powstaje w związku z różnicą między liczbą drgań światła, związaną z częstotliwością prądu zmiennego, a liczbą 48 przerw na sekundę spowodowanych w oświetleniu ekranu przez ruchy migawki aparatu projekcyjnego. Przez użycie odpowiednich węgli udało się jednak zmniejszyć to migotanie do granic dopuszczalnych.

Istnieje też urządzenie, w którym opisane zjawisko jest całkowicie usunięte. Urządzenie to (system „cyclex") polega na przetworzeniu prądu 50-okresowego w 96-okresowy z pomocą transformatora częstotliwości (transformatora o jednym uzwojeniu stałym i jednym ruchomym). Prąd ten jest następnie kierowany do transformatora o charakterystyce prądowo-napięciowej ujemnej, połączonego w układzie Scotta. Do każdego z 2 uzwojeń tego transformatora jest przyłączona jedna lampa łukowa.

Technika filmowa dąży do dalszego powiększenia jaskrawości krateru węgla dodatniego. Skłoniło to do przeprowadzenia badań, które wykazały, że wyłączanie i ponowne włączanie obwodu prądu, zsynchronizowane z ruchem migawki (a więc przejście z pracy ciągłej na przerywaną), umożliwia przy łuku o prądzie 55 A podniesienie jaskrawości krateru z 600 do 1350 św./mm^2.

Potrzeba silniejszego oświetlania ekranów, która powstała, gdy projektory kinowe zostały użyte do prac w studiach filmowych, skłoniła do stosowania i innych środków umożliwiających wzmożenie jaskrawości krateru. Jednym z takich środków jest chłodzenie węgla dodatniego wodą, a jednym z przykładów — urządzenie, w którym krater węgla dodatniego o średnicy 13,6 mm przewodzącego prąd 290 A posiada jaskrawość 1400 św./mm^2; strumień świetlny skierowany na ekran wynosi w tym urządzeniu 30 000 lumenów. W innym podobnym urządzeniu osiągnięto nawet jaskrawość 2000 św./mm^2.

Do produkcji filmów barwnych, przy której potrzebna jest bardzo duża jasność na ekranie, tak znaczny strumień świetlny okazał się niedopowiedni. Dlatego też opracowano w tym celu urządzenie specjalne, w którym trzy lampy i trzy przyrządy optyczne są osadzone na wspólnej podstawie i rzutują na ekran wszystkie ten sam film. Wiązki promieni są w tym celu kierowane przez odpowiednio nastawiane zwierciadła, dające bardzo małe przesunięcia obrazów względem siebie. Podobne urządzenia są stosowane w pracowni do wyświetlania obrazów, będących w spoczynku.

*) Artykuł jest oparty przede wszystkim na materiałach kongresu Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Paryżu w 1948 r., a mianowicie na sprawozdaniu 21: „Comité d'études sur les sources de lumière, Rapport du Secrétariat (Comité Britannique)" oraz na innych źródłach dostępnych; brakowało wśród nich, niestety, materiałów ze Związku Radzieckiego.

Ale przy produkcji filmów barwnych konieczne jest także bardzo silne oświetlenie samej pracowni (do 6000 luksów), przy czym barwa światła musi umożliwiać jego mieszanie się ze światłem dziennym. Zadanie to spełnia również lampa łukowa. Najczęściej w użyciu jest tu lampa z węglem dodatnim o średnicy 16 mm przewodzącym prąd 150 A. Hałas łuku jest możliwie zmniejszony przez zastosowanie specjalnego układu węgli ujemnych, których jest dwa przy jednym dodatnim. Spadek napięcia w łuku jest w tej lampie mniejszy od normalnego, co umożliwia przy napięciu sieci 115 V, stosowanym dość powszechnie w pracowniach filmowych, łączenie szeregowe dwu łuków. Ponieważ moc lampy jest równa mocy, przypadającej normalnie na jeden łuk, ilość wytwarzanego ciepła jest tu znacznie zmniejszona, co w pracowni ma ważne znaczenie.

Przemysł filmowy stosuje jednak także lampy łukowe jeszcze potężniejsze od opisanych. Służą one do specjalnych efektów świetlnych i przewodzą prąd 225 A. Przy spadku napięcia w łuku wynoszącym 75 V i średnicy węgla dodatniego 16 mm dają one strumień świetlny dwukrotnie większy niż powyżej opisane.

Podczas wojny naturalnie największy nacisk był położony na ulepszenie aparatury obrony przeciwlotniczej. Jakkolwiek jej zasadnicze udoskonalenia polegają na zjawiskach nie związanych z techniką oświetleniową, niemniej ulepszono również i same projektory i lampy, których jaskrawość doprowadzono do 1400 św./mm².

Dalsze postępy uzyskano też w budowie lamp „z łukiem wydmuchiwanym" („wind-drown arc"), które wprowadzono na rynek kilkanaście lat temu. W lampach tych odpowiednio dobrany i skierowany strumień powietrza utrzymuje kulę gazu świecącego przed węglem dodatnim, co w rezultacie daje lampę o dużej i równomiernej jaskrawości. Przy natężeniu prądu 80 A osiąga się strumień świetlny ok. 100 000 lumenów. Podczas wojny wyprodukowano w Niemczech takie lampy na natężenie prądu 1000 A, zestawiane ze zwierciadłami parabolicznymi o otworze 200 lub 300 mm średnicy.

W Wielkiej Brytanii, również w celu uzyskania lamp o większym strumieniu świetlnym, przeprowadzono badania z lampami o węglach na wielkie gęstości prądu; średnice węgli wynosiły od 16 mm (150 A) do 64 mm (4000—5000 A). Stwierdzono przy tym, że powyżej 500 A następuje raptowna zmiana w charakterze łuku. Długi, cienki, spokojny poniżej 500 A, staje się hałaśliwym, krótkim i szerokim, podobnym do motylkowego płomienia gazowego. Zjawisko to przypisuje się stępieniu czubka węgla ujemnego i powstaniu na jego miejsce krateru, co jest następstwem szybkiego odparowania węgla. Częściowe przywrócenie spokojnego łuku z powiększeniem jaskrawości uzyskano przy użyciu węgla kształtu tarczowego zamiast prętowego i przy prądzie 4000 A.

Ogłoszono drukiem wiele prac badawczych nad zjawiskami związanymi z łukiem węglowym. Jeden z czołowych badaczy niemieckich w tej dziedzinie, W. Finkelnburg, podał zestawienie danych nowoczesnych lamp łukowych przytoczone w tabl. I.

Tablica I. Nowoczesne lampy o łuku węglowym

		a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
Średnica węgla dodatniego	mm	10	7	7	9	16	24	20×30	7	10	13
Natężenie prądu	A	30	50	75	75	200	450	1200	75	200	500
Napięcie na łuku	V	55	40	55	50	78	90	100	65	85	100
Moc łuku	kW	1,65	2	4,1	3,75	15,6	40	120	4,9	17	50
Ubytek długości węgla dodatniego	mm/h	100	320	1000	400	360	800	2000	2000	3000	4600
Jaskrawość	10^3 św./cm²	18,8	55	100	78	85	110	160	140	170	200
Światłość	10^3 św.	9,5	22	45	35	140	400	1200	—	—	—
Strumień świetlny	10^3 lm	37	110	280	225	900	3400	10000	—	—	—
Sprawność świetlna	lm/W	23	55	68	60	60	85	90	—	—	—
Temperatura krateru	^{0}K	3800	4300	5000	4800	4500	4700	4800	5500	5400	5800

a — łuk między węglami czystymi
b-g — łuki techniczne o dużym natężeniu
h-k — łuki doświadczalne o dużym obciążeniu

II. LAMPY ŻAROWE

Jakkolwiek w budowie lamp żarowych nie można zanotować w ciągu lat ostatnich żadnych zmian zasadniczych, niemniej wprowadzono pewne poważne ulepszenia w sposobach doprowadzenia prądu do bańki i inne oraz przeprowadzono szereg badań, które wytyczają kierunek przyszłych udoskonaleń.

Badania wykazały między innymi, że można zwiększyć sprawność żarówek, jeśli zamiast powszechnie stosowanego argonu użyć do napełnienia bańki kryptonu i powiększyć prężność gazu w bańce z dotychczasowych 600 mm Hg do 1200 mm Hg. Wzrost sprawności może osiągnąć przy żarówkach o mocy 25—100 W około 17%. Udoskonalenia tego nie zastosowano jednak dotąd w praktyce ze względu na trudności natury technicznej i gospodarczej (zbudowanie maszyny umożliwiającej napełnianie baniek gazem o prężności większej od ciśnienia atmosferycznego, duży koszt takiej maszyny, duży koszt kryptonu).

Krypton do napełniania baniek (z pozostawieniem prężności 600 mm Hg) był — jak wiadomo — wprowadzony już przed wojną do paru typów żarówek niewielkiej mocy. Pozwala to na powiększenie obciążenia drutu wolframowego a zatem i sprawności, wobec powolniejszego odparowywania tego drutu w związku z większą masą cząsteczkową kryptonu. Nadto mniejsza przewodność cieplna kryptonu redukuje straty cieplne przez przewodzenie.

Podczas wojny ograniczenia w produkcji bądź dowozie kryptonu zmusiły większość krajów do zaniechania jego stosowania nawet do lamp kopalnianych niskiego napięcia, jakkolwiek sprawność tych lamp powinna być możliwie duża ze względu na ograniczony zapas energii w przenośnych źródłach prądu. Toteż w obecnych warunkach powojennych, uniemożliwiających nadal stosowanie kryptonu do żarówek powszechnego użytku, stosuje się już gaz ten coraz powszechniej do żarówek kopalnianych. Dane lamp górniczych brytyjskich są zestawione w tabl. II.

Tablica II. Brytyjskie żarówki górnicze

Napięcie (V)	Prąd (A)	Przeciętna stałość strumienia (%)	Przeciętna trwałość (h)	Znamionowy strumień początkowy (lm) argon	krypton
2,5	1,5	94	500	28,1	32,8
2,5	1,75	94	500	32,8	39,4
4,0	0,75	94	500	25,5	30,0
4,0	1,0	94	500	38,0	46,0

W lampach niskiego napięcia wprowadzono podczas wojny wiele zmian i udoskonaleń. Weszły na rynek amerykański między innymi lampy o ograniczonym i skierowanym promieniowaniu. Lampy te zaopatrzone w tzw. trzonek kołkowy, który będzie opisany niżej, mają tylną część bańki w kształcie paraboloidu wewnątrz aluminiowaną. Tworzy się w ten sposób zwierciadło o dobrych własnościach odbijających. Właściwy rozsył światła zabezpiecza wraz z opisanym reflektorem przednia część bańki w kształcie odpowiedniej soczewki. W wykonaniu brytyjskim podobna lampa ma reflektor oddzielny, który może być po przepaleniu się lampy przeniesiony do innej.

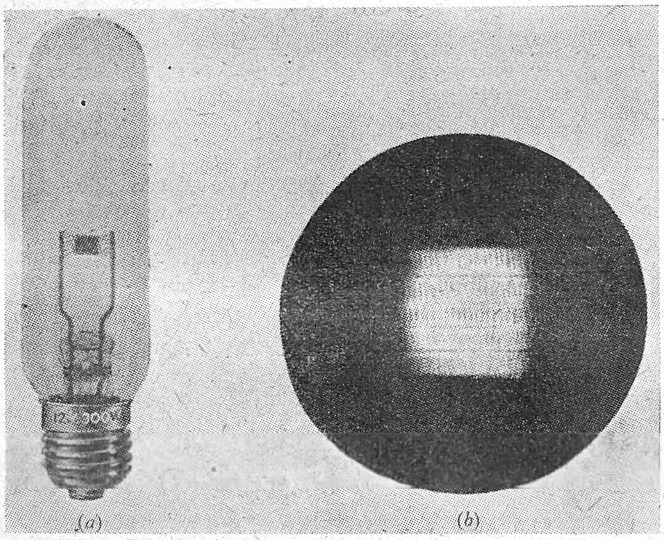
Opisana lampa jest zresztą tylko jedną z szeregu typów o promieniowaniu ograniczonym i skierowanym, których produkcja rozwinęła się podczas ostatniej wojny. Wprowadzono w tym czasie szereg konstrukcji specjalnych umożliwiających lepsze wyzyskanie strumienia świetlnego. Rozpowszechniły się między innymi lampy niskiego napięcia z bańkami kulistymi, w części wewnętrznie lustrowanymi. Położenie drucika względem zwierciadła jest tak dobrane, aby obraz drucika rzutował się na nim samym.

Bardzo silny nacisk położono podczas wojny na wykonanie żarówek o dużej jaskrawości, stosowanych do projektorów. Udoskonalenia poszły tu w kierunku stosowania dwuskrętek oraz powiększenia zwartości ciała świecącego.

W lampach do projekcyjnych aparatów filmowych dotychczas stosowane typy o druciku jednopłaszczyznowym zostały wyparte przez typy o druciku dwupłaszczyznowym. Niemniej wyprodukowano nowe źródło o druciku jednopłaszczyznowym, któremu w krajach anglosaskich nadano nazwę „solid source" umotywowaną tym, że szereg skrętek styka się w nim ze sobą wzajemnie, tworząc jednorodną przestrzeń świetlną wielkiej jaskrawości (rys. 1).

Wprowadzona przed wojną do niektórych lamp projekcyjnych konstrukcja lampy z trzonkiem kołkowym (bipost base, Stiftfuss) rozpowszechniła się i jest w użyciu przy innych również żarówkach. Szczególniej nadaje się ona do żarówek, w których prąd o znacznym natężeniu musi być wprowadzony do bańki, a w których jednocześnie położenie drucika musi być ściśle ustalone. W konstrukcji tej nie ma już stosowanej w dotychczasowych lampach nóżki, a drucik spoczywa na dwu kołkach, które są osadzone w tarczy szklanej. Obrzeże tej tarczy jest wtopione w szkło bańki, a kołki wystają z niej na zewnątrz i służą za trzonek.

Żarówki typu „horyzontowego" z drutem w kształcie linii prostej są obecnie wykonywane w wielkościach

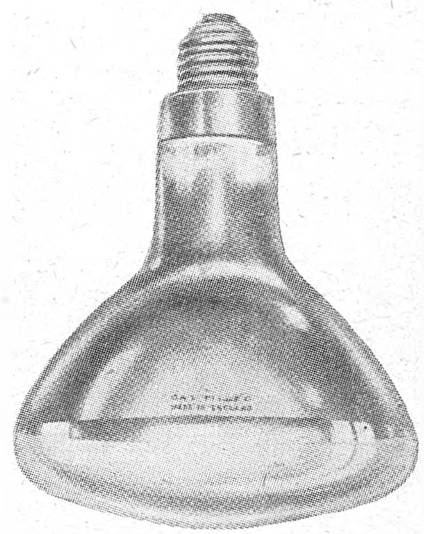


Rys. 1. Brytyjska lampa żarowa „solid source" i jej drucik w stanie rozżarzonym (Bourne)

1 kW, 2 kW i 3 kW. Właściwe umocowanie drutu zapobiega jego zwisaniu. Dzięki temu, jak również ściśle osiowemu umieszczeniu drutu zagwarantowane jest dobre wykorzystanie strumienia przy użyciu reflektora parabolicznego.

Do celów projekcji rozpowszechniły się żarówki lustrzane, podobne do tych, które opisano wyżej przy omawianiu żarówek niskiego napięcia. W niektórych konstrukcjach zwierciadło jest umieszczone nazewnątrz bańki i powleczone odpowiednią warstwą ochronną. W innych — zwierciadło wewnętrzne jest otrzymane przez odparowanie metali, najczęściej glinu; otrzymuje się w ten sposób reflektor o dużym stopniu odbicia. Zazwyczaj bańki tych żarówek są w kształcie kuli, a drucik jest tak umieszczony w stosunku do zwierciadła, aby obraz rzutował się w płaszczyźnie drutu. Takie lampy w połączeniu z odpowiednio dobranymi układami optycznymi umożliwiają zwiększenie wykorzystania strumienia świetlnego do 70%.

Podobny rozwój można zanotować i w konstrukcji lamp o strumieniu skierowanym, stosowanych np. przy lądowaniu w lotnictwie. Tylna lustrzana strona bańki posiada w tych lampach kształt paraboloidu, przednia zaś jest



Rys. 2. Lampa ze zwierciadłem paraboloidalnym wewnątrz bańki (Light und Lighting)

bądź przezroczysta, bądź też w postaci soczewki odpowiedniego kształtu (rys. 2).

Wiele zastosowań znalazły żarówki suszące. Drucik wolframowy pracuje tu przy znacznie niższej temperaturze niż w żarówkach oświetleniowych i wypromieniowuje energię w zakresie podczerwieni. To promieniowanie jest kierowane na powierzchnie wymagające suszenia. W niektórych konstrukcjach tych lamp strumień jest kierowany z pomocą zwierciadła na wewnętrznej stronie bańki.

Ale promieniowanie na przeciwległym, krótkofalowym krańcu widma widzialnego też zostało w żarówkach wyzyskane. Drucik wolframowy jest tu obciążony prądem silniej niż w lampach normalnych i dlatego wypromieniowuje w bliskim pozafiolecie dostateczną ilość energii, aby umożliwić rozliczne zastosowania tych lamp. Zostały wyprodukowane dwa typy tych lamp. Jedne z nich posiadają bańkę ze szkła czarnego, drugie — o bańce ze szkła przezroczystego — są umieszczane w projektorze zaopatrzonym w szkło czarne. Wyprodukowano też próbne lampy tego rodzaju z bańką powleczoną substancją fluoryzującą.

III. LAMPY JARZENIOWE

1. Lampy rtęciowe.

Lampy na parę rtęci są różnorodne, a zakres promieniowanej przez nie energii — rozległy. W granicach pozafioletu rozciąga się on od 100 do 380 mμ, a w granicach podczerwieni — od 760 do 2600 mμ *).

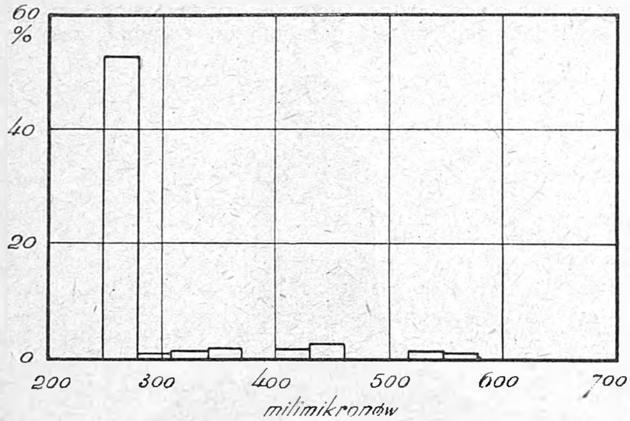
Rozkład energetyczny widma zależy w znacznej mierze od rodzaju tych lamp, w szczególności od prężności pary rtęciowej. Jeśli podzielić zakres widma widzialnego i pozafioletu na przedziały po 30 mμ i wyznaczyć energię promieniowaną w każdym z tych przedziałów, a następnie obliczyć stosunek tych ilości energii promieniowanej do całkowitej energii dostarczanej do lampy — otrzyma się wykresy kolumnowe (rys. 3 i 4), z których widać zasadnicze różnice w promieniowaniu lamp rtęciowych niskiej i wysokiej prężności.

Energia promieniowana w zakresie 400—320 mμ wywiera silne działanie fotochemiczne, w zakresie 300—240 mμ jest stosowana do uaktywnienia witaminy D, w zakresie poniżej 280 mμ działa niszcząco na drobnoustroje. Wymieniliśmy oto kilka z wielu ważnych nieoświetleniowych zastosowań lamp rtęciowych.

Do bezpośrednich celów oświetleniowych lampy rtęciowe są coraz szerzej stosowane; szczególniej zakres ich

*) 1 mμ (milimikron) = 10^{-6} mm = 10 Å (angstromów)

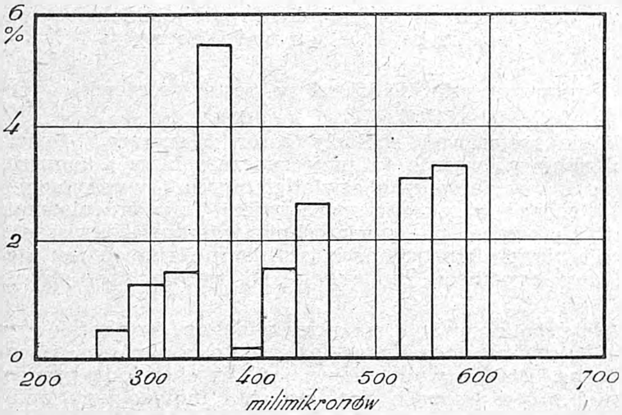
zastosowań rozszerzył się po wprowadzeniu powłok fluoryzujących, o czym będzie obszernie mowa dalej. Lampy rtęciowe mają znacznie większą sprawność niż żarówki, a przy tym są znacznie od nich trwalsze. Najpoważniejsza



Rys. 3. Rozkład energetyczny lampy rtęciowej niskiej prężności (F. G. Spreadbury)

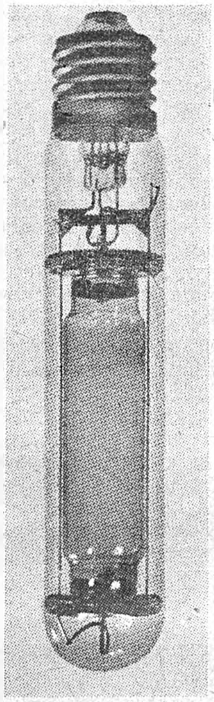
zaś ich wada — złe oddawanie barw przedmiotów — została już w znacznej mierze usunięta.

Podane w tabl. III zestawienie lamp holenderskich o wysokiej prężności (HO) i najwyższej prężności (HP) pozwala na zorientowanie się w typach lamp europejskich, stosowanych do bezpośrednich celów oświetleniowych. Lampy HPL podane w tej tablicy posiadają na wewnętrznej stronie bańki powłokę fluoryzującą, która pochłania

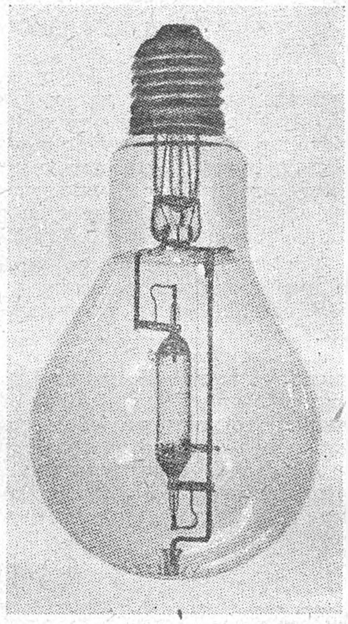


Rys. 4. Rozkład energetyczny lampy rtęciowej wysokiej prężności (F. G. Spreadbury)

Różne rodzaje bakterii i pleśni wykazują rozmaitą odporność na promieniowanie pozafioletowe. Związane z tym zagadnienie dozowania promieniowania doczekało się w ostatnich latach szczegółowych studiów. Uzyskano też znaczne doświadczenie w stosowaniu wymienionych lamp do sterylizacji powietrza w salach operacyjnych, szkolnych, składach produktów spożywczych i in. Rozwój tych lamp został umożliwiony przez wynalezienie specjalnego szkła, które w odróżnieniu od szkła zwykłego posiada



Rys. 5. Holenderska lampa rtęciowa wysokiej prężności typu HO 1000 (Philips)



Rys. 6. Holenderska lampa rtęciowa najwyższej prężności typu HP 300 (Philips)

znaczny spółczynnik przepuszczalności promieniowania pozafioletowego o krótkiej fali. Z doświadczeń amerykańskich wynika, że działanie takiej lampy o mocy 30 W, umieszczonej w sali o objętości ok. 100 m³, jest równoznaczne pod względem zdrowotnym ze zmianą powietrza 100 razy na godzinę; działanie lampy 15-watowej jest równoznaczne z 45 zmianami, 8-watowej — z 20 zmianami i 4-watowej z 10 zmianami.

Inne zastosowanie uzyskały lampy rtęciowe niskiej prężności, dostarczające promieni pozafioletowych o dłu-

Tablica III. Lampy rtęciowe holenderskie do celów oświetleniowych

Typ		HO 1000	HO 2000	HP 80 W	HP 125 W	HPL 80 W	HPL 125 W	ML 160 W	ML 250 W
Strumień świetlny	lm	10 000	20 000	3 000	5 000	3 000	5 000	3 000	5 000
Moc przy 220V (z dławikiem)	W	283	475	89	138	89	138	165	250
Moc przy 115/125V (z transformat.)	W	298	490	98	145	98	145	—	—
Natężenie prądu	A	2,3	3,7	0,8	1,1	0,8	1,1	0,7	1,1
Sprawność	lm/W	35	42	34	36	34	36	18	20
Najwyższa jaskrawość	sb	170	180	35	40	6	7	25	30

padające na nią promieniowanie pozafioletowe i wypromieniowuje je sama pod postacią fal widzialnych. Lampy ML — to lampy rtęciowo-żarowe, dające światło mieszane (ob. niżej). Budowa lamp holenderskich jest podana na rys. 5, 6 i 7.

2. Lampy rtęciowe niskiej prężności.

Silne promieniowanie bakteriobójcze tych lamp o długości fali ok. 254 mμ (rys. 2) wykorzystywane jest w Ameryce w lampach 15-watowych z zimną katodą, tzw. „sterylizacyjnych", oraz w lampach na 4 W i 8 W tzw. „zalążkobójczych". W czasach ostatnich wprowadzono tam nowe wartości mocy: 15 i 30 W.

giej fali. Lampy takie, przeznaczone do urządzeń na 12 i 24 V prądu stałego, zostały użyte do wzbudzenia świecenia lakierów fluoryzujących na przyrządach służących do kierowania samolotami.

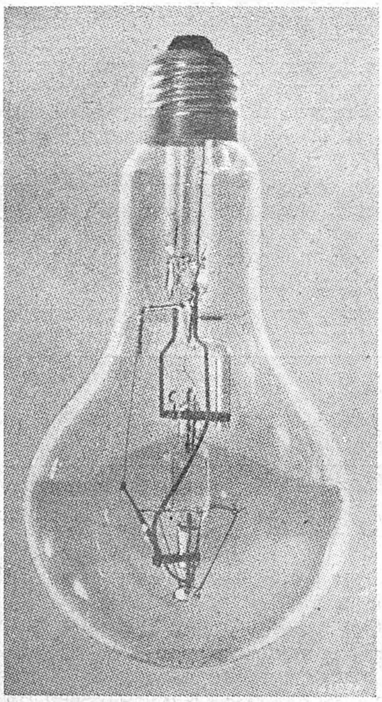
W lampach niemieckich pierwotne promieniowanie jest przekształcane na długofalowe z pomocą powłoki fluoryzującej na wewnętrznej stronie bańki.

3. Lampy rtęciowe wysokiej prężności.

Energia o długości fali ok. 297 mμ wypromieniowana przez te lampy wywiera silne działanie fizjologiczne. W szczególności wywołuje ona podrażnienia skóry i „opa-

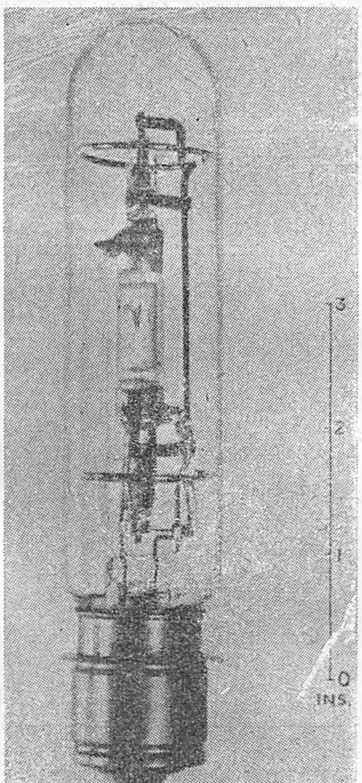
leniznę" oraz głębsze objawy analogiczne do wywoływanych przez światło słoneczne. To też lampy rtęciowe wysokiej prężności mają między innymi zastosowanie w lecznictwie i profilaktyce leczniczej (tzw. lampy kwarcowe, słoneczne itp.).

W Wielkiej Brytanii 40-watowa lampa tego rodzaju, oznaczona jako MB/V, znalazła szerokie zastosowanie w



Rys. 7. Holenderska lampa rtęciowo-żarowa typu ML 300 (Philips)

kopalniach. Energia jest dostarczana do niej przez prądniczkę, napędzaną sprężonym powietrzem i posiada-



Rys. 8. Brytyjska lampa rtęciowa projekcyjna typu MB 125 W (Bourne)

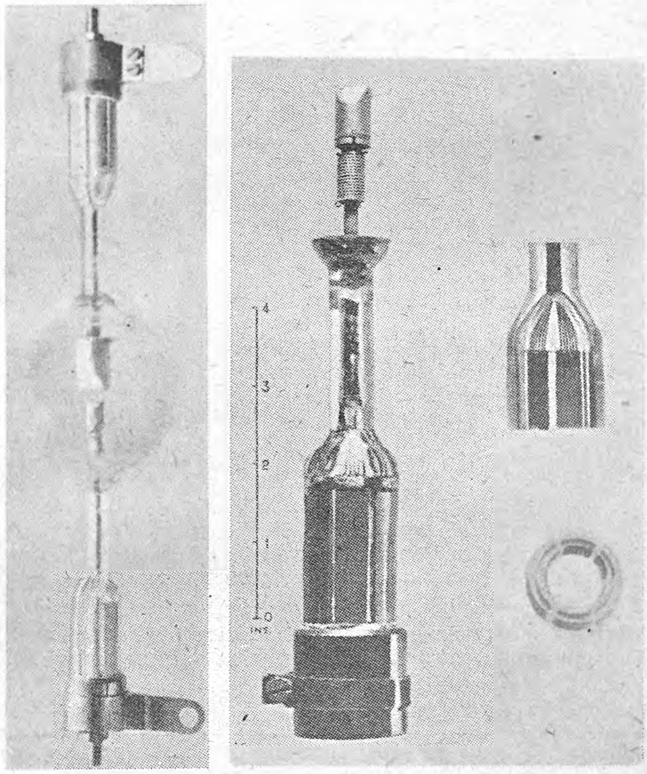
jącą charakterystykę odpowiednią do tego napędu i obciążenia.

Rozszerzyło się też tam w ostatnich latach użycie lamp o większej mocy, a ich wykonanie uległo udoskonaleniu. Są obecnie tam budowane, jak i w Holandii, lampy 80- i 125-watowe w bańkach kwarcowych oraz lampy 250-, 400- i 650-watowe w rurach szklanych.

Lampę średniej prężności zastosowano również do celów projekcji. Moc zasilania takich lamp brytyjskich jest 80 W i 125 W, ich oznaczenie MB/D. Łuk pary rtęciowej, specjalnie ustabilizowany, płonie w bańce kwarcowej (rys. 8).

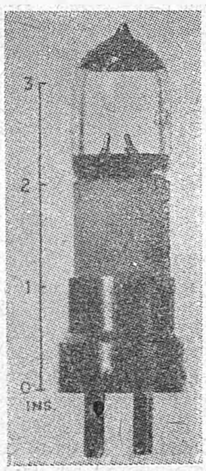
W Stanach Zjednoczonych Ameryki zostały wprowadzone do oświetlenia terenu lampy rtęciowe o mocy 3000 W, o długości ok. 140 cm i o strumieniu początkowym ok. 120 000 lm.

W Niemczech, Holandii i innych krajach rozpowszechniły się lampy o świetle mieszanym, rtęciowo-żarowe (rys. 7). Lampa rtęciowa kwarcowa jest połączona szeregowo z pierścieniem z drutu wolframowego. Trwałość tej lampy zależy od liczby włączeń, ponieważ podczas zapłonu łuku, który trwa co najmniej minutę, drucik wolfra-



Rys. 9a i 9b. Brytyjska lampa rtęciowa na 10 kW, wielkiej jaskrawości chłodzona powietrzem i jej elektroda (Bourne)

mowy jest silnie przeciążony. W warunkach przeciętnych lampa osiąga trwałość 2 000 godzin. W pracy normalnej (po okresie zapłonu) lampy te dają strumień 3 000 — 5 000



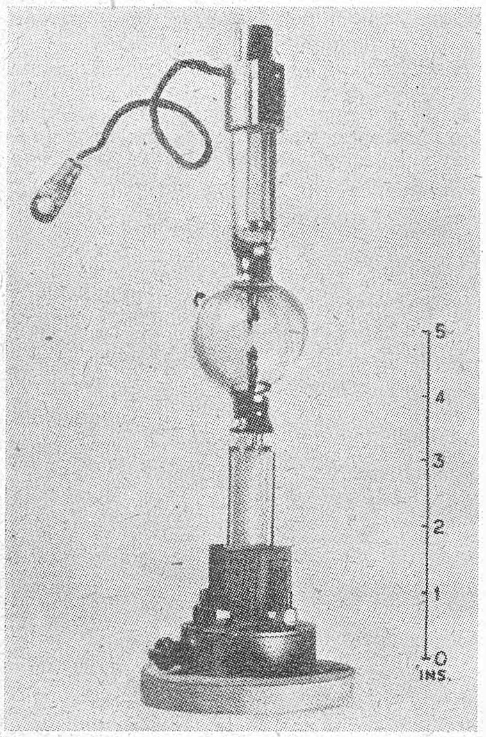
Rys. 10. Brytyjska lampa rtęciowa doświadczalna na 250 W, wielkiej jaskrawości, chłodzona powietrzem, zaopatrzona w trzonek dwukołkowy (Bourne)

lm, w którym lampa żarowa i jarzeniowa biorą udział w równych częściach.

Wyprodukowano też podobną lampę jako źródło promieniowania pozafioletowego. Lampa rtęciowa w kwarcu oraz żarowa są tu umieszczone we wspólnej bańce ze szkła specjalnego, przepuszczającej promieniowanie krótkofalowe.

4. Lampy rtęciowe najwyższej prężności i wielkiej jaskrawości, chłodzone powietrzem.

Lampy te rozwinęły się na skutek badań, przeprowadzonych w laboratoriach brytyjskich. Chodziło o wyprodukowanie potężnego źródła światła o jak największej



Rys. 11. Brytyjska lampa rtęciowa na 1 kW, wielkiej jaskrawości chłodzona powietrzem (Bourne)

jaskrawości, przeznaczonego do aparatów optycznych. Konstruktorzy musieli przezwyciężyć szereg trudności

Tablica IV. Brytyjskie lampy rtęciowe najwyższej prężności i wielkiej jaskrawości chłodzone powietrzem

Moc W	250	500	1000	2500		5000		7500	
Typ	ME/D	ME/D	ME/D	ME/V	MEC/V	ME/V	MEC/V	ME/V	MEC/V
Napięcie na zaciskach V	200/250 (prąd st. i zm.)	200/250 (prąd. st. i zm.)	200/250 (prąd st. i zm.)	110/250 (pr. st.) 200/250 (pr. zm.)		110/250 (pr. st.) 200/250 (pr. zm.)		110/250 (pr. st.) 200/250 (pr. zm.)	
Położenie normalne	pionowe	—	pionowe	pionowe		pionowe		pionowe	
Średnia trwałość h	500	500	500	ok. 200		ok. 200		ok. 100	
Sprawność początkowa lm/W	45 — 50	45 — 50	50 — 55	ok. 55	ok. 45	ok 60	ok 50	ok. 60	ok 55
Strumień początkowy lm	11250	22500	50000	—		—		—	
Największa początkowa jaskrawość sb	20000	20000	40000	—		—	~ 45000	~ 60000	—
Napięcie robocze V	60 — 75	60 — 75	60 — 75	65 — 80		65 — 80		65 — 80	
Przybliżony prąd zapłonu A	4 — 5	10	21	50		100		150	
Przybliżony prąd roboczy A	3,7 — 4,6	9	18 pr. st., 16 pr. zm.	37 pr. st., 33 pr. zm.		75 pr. st. 67 pr. zm.		110 pr. st, 100 pr. zm.	
Szczegóły trzonka	3 kołki / P 40/41	P 40/41 / E 40/45	specjalny	specjalny		specjalny		specjalny	
Długość całkowita mm	135 ± 3 156 ± 3	240 ± 10	245 ± 2,5	ok. 300		ok. 375		ok. 450	
Długość łuku mm	3,75 ± 0,35	ok. 5,0	5,5 ± 0,5	ok. 7,5		ok. 9,0		ok. 10,0	
Średnica mm	50 ± 2 (zewnętrz. osł. szkl.)	65 ± 5 (zewnętrz. osł. szkl.)	50 (Przybliżone maksymum bańki kwarcowej bez osłony)	62,5		90		100	

technicznych, z których najpoważniejsze — to wykonanie szczelnych przepustów przez bańkę kwarcową, mogących przewodzić znaczne prądy, znalezienie właściwego kształtu elektrod, opracowanie techniki produkcji baniek kwarcowych i wiele innych. Obecnie produkuje się już w skali technicznej takie lampy do mocy 10 kW (rys. 9), a w celach doświadczalnych do 50 kW.

Najmniejsza z tych lamp, o mocy 250 W, była pierwotnie dostarczana w osłonie metalowej, obecnie jednak jest zaopatrywana w zewnętrzną bańkę szklaną (rys. 10). Znalazła ona szerokie zastosowanie do szeregu bardzo dokładnych aparatów optycznych. Mocniejsze lampy, 500- i 1000-watowe (rys. 11), są stosowane w różnego rodzaju urządzeniach projekcyjnych, a podczas wojny były stosowane również i do małych projektorów obrony przeciwlotniczej. Ich przydatność do tego ostatniego celu wywołała tendencję do wyprodukowania źródeł potężniejszych, które byłyby w stanie zastąpić w projektorach przeciwlotniczych bezkonkurencyjne do owej pory lampy o łuku węglowym. Tak powstał szereg lamp. W niektórych z nich elektrody są ustawione pod kątami prostymi względem siebie, w innych — w linii prostej, w jeszcze innych obie elektrody wychodzą z jednego końca bańki, co umożliwia zastosowanie pojedyńczego trzonka.

Barwa jarzenia została w tych lampach brytyjskich znacznie poprawiona przez dodanie kadmu lub kadmu z cynkiem. Domieszki te dają zawartość czerwoną tak, że filtr Wrattena na 25 A przepuszcza 10% strumienia

Tablica V. Niemieckie lampy rtęciowe najwyższej prężności i wielkiej jaskrawości chłodzone powietrzem

Moc (W)	Wymiary lampy długość (mm)	Wymiary lampy średnica (mm)	Wymiary łuku (mm)	Strumień (lm)	Jaskrawość średnia (sb)
100	70	12,5	1,0×1,8	5 000	od 25 000
2 000	320	54	3×5	110 000	do 35 000

świetlnego tych lamp. W tabl. IV lampy te są oznaczone swym znakiem fabrycznym MEC.

Te i inne udoskonalenia, wprowadzone do lamp brytyjskich ME, umożliwiły ich zastosowanie do celów fotograficznych w studio filmowym i to nawet do filmów o barwach naturalnych. Obecnie są w użyciu do tego celu lampy o mocy 2,5 kW, 5 kW i 7,5 kW.

Innymi zastosowaniami tych potężnych źródeł światła są badania nad widmem absorpcyjnym atmosfery oraz badania nad produkcją i własnościami wolnych pierwiastków.

Lampy tej kategorii wytwarzane w Niemczech są zestawione w tabl. V.

5. Lampy ręciowe najwyższej prężności i wielkiej jaskrawości, chłodzone wodą.

Typy tych lamp są we wszystkich krajach produkujących jednakowe i uzależnione od rodzaju zastosowania. Do większości celów produkowane są lampy o mocy znamionowej 500 W, 1000 W i 2000 W (rys. 12 i 13). Obciążenie

znamionowe tych lamp na jednostkę długości łuku jest dla nich wszystkich mniej więcej jednakowe, a natężenie prądu łuku — rzędu 1,4 A.

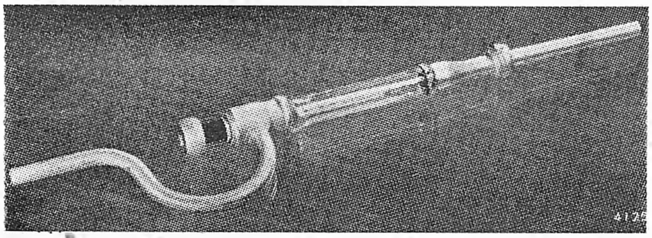
W ostatnich latach przeprowadzono szczegółowe badania zjawisk związanych z dodaniem do omawianych lamp kadmu i cynku. Dane charakterystyczne lampy 1000-watowej zestawiono w tabl. VI.

Tablica VI. Lampy rtęciowe o mocy 1000 W chłodzone wodą

	St. Zjedn. Am.	W. Brytania	Europa	
Moc oznaczona W	1000	1000	1000	1000
Typ	AH 6	MD/H	—	—
Trwałość średn. h	75 (5 godz. na zapłon)	100 (100 zapłonów)	100 (100 zapłonów)	—
Początkowa sprawność lm/W	65	62,5	62,5	60,0
Początk. strumień świetlny lm	65000	62500	62500	60000
Najw. początkowa jaskrawość sb	—	30000	30000	60000
Napięcie robocze V	840	840	840	—
Napięcie biegu jałowego transf. V	1200	1200	1200	900 (pr.st.)
Prąd zapłonu A	2,5	2,6	2,6	—
Prąd roboczy A	1,4	1,4	1,4	ok. 2,0
Położenie lampy	poziome	poziome	poziome	poziome
Długość łuku mm	25	25	25	11

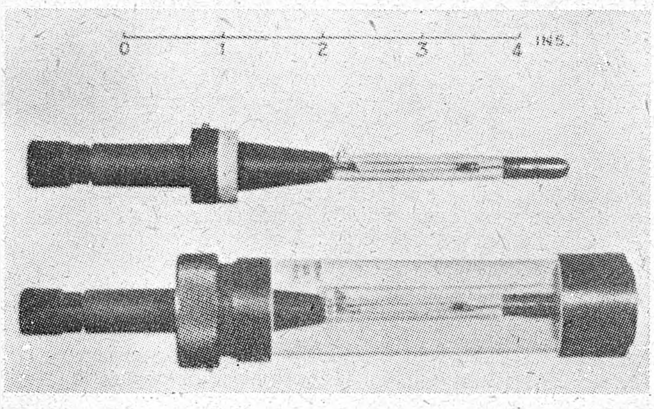
6. Lampy sodowe.

Głównym zastosowaniem lamp sodowych jest oświetlenie zewnętrzne ulic, terenów sportowych, przemysłowych, lądowisk itp. To też wojna wpłynęła na szczególnie silne



Rys. 12. Holenderska lampa rtęciowa wielkiej jaskrawości chłodzona wodą, typu SP 2000 (Philips)

ograniczenie produkcji tych lamp. Obecnie obejmują one ponownie obsługiwane uprzednio odcinki, przy tym w dalszym ciągu wykonanie amerykańskie i europejskie zasadniczo różnią się między sobą. Pochodzi to stąd, że



Rys. 13. Brytyjska lampa rtęciowa na 1000 W, wielkiej jaskrawości chłodzona wodą (Bourne)

w Ameryce lampy do oświetlenia zewnętrznego są zazwyczaj łączone szeregowo — równolegle, w Europie zaś — równolegle. To też lampy sodowe amerykańskie są budowane na niskie napięcia i znaczne natężenia prądu, europejskie zaś — na napięcia sieci elektrycznych publicznych i małe natężenia prądu. Dane lamp amerykańskich są zestawione w tabl. VII, brytyjskich — w tabl. VIII.

Tablica VII. Lampy sodowe amerykańskie

Strumień świetlny	lm	6000	10 000
Moc oznaczona	W	145(pr. zm.)	180(pr. zm.)
Prąd łuku	A	5,0	6,6
Spadek napięcia w łuku	V	23	25
Przybliżona moc w łuku	W	105	140
Sprawność początkowa	lm/W	50	65
Średnia trwałość	h	3000	3000

Tablica VIII. Lampy sodowe brytyjskie

Typ	SO/H	SO/H	SO/H	SO/H
Moc pobier. przez samą lampę W	45	60	85	140
Całkowity pobór mocy W	66	81	106	166
Napięcie sieci V	100/250	100/250	100/250	100/250
Natężenie prądu A	0,6	0,6	0,6	0,9
Średnia trwałość h	3000	3000	3000	3000
Strumień świetlny znamionowy lm	2700	4300	7000	11 000
Sprawność początkowa lm/W	55,5	65,0	71,5	71,5
Sprawność przeciętna lm/W	44,5	52,0	57,0	57,0
Sprawność końcowa lm/W	40,0	47,0	51,0	51,0
Jaskrawość sb	10,0	10,0	10,0	10,0
Całkowita długość płaszcza mm	238±10	300±10	415±10	518±10
Średnica płaszcza mm	50±2	50±2	50±2	65±2
Długość części świecącej mm	140±10	170±10	230±10	280±10

Jak stwierdzono, w klimacie chłodnym zwykła w tych lampach osłona szklana dwuścienna (rys. 14) nie jest wystarczająca. Użyta na jej miejsce osłona trójścienna umożliwia natomiast sprawne działanie lamp sodowych nawet przy temperaturze — 40° C.

7. Lampy o łuku skupionym.

W okresie lat ostatnich zostało zrealizowane nowe źródło światła małej mocy, nazwane lampą o łuku skupionym. Dużo pracy włożono w udoskonalenie tej lampy podczas wojny, ale publikacje były ograniczone ze względu na konieczność utrzymania tajemnicy wojskowej.

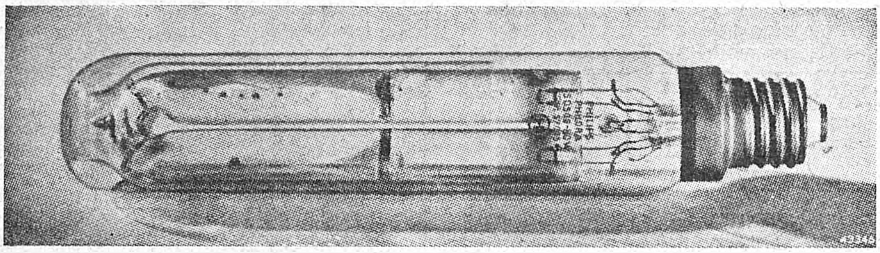
Lampy te mają elektrody nieruchome wpuszczone w bańkę szklaną napełnioną gazem obojętnym (argonem). Elektrodą ujemną jest rurka z wolframu, molibdenu lub tantalu z knotem z tlenku cyrkonu, elektrodą dodatnią zaś — krążek z metalu odbijającego i załamującego promienie świetlne; do otworu tego krążka przysunięta jest katoda. Krater źródła leży w środku knota.

Tablica IX. Lampy o łuku skupionym

Moc znamionowa	W	2	10	25	100
Napięcie	V	37	21	20	15 4
Natężenie prądu	A	0,055	0,5	1,25	6,25
Średnica źródła	mm	0,085	0,4	0,73	1,5
Jaskrawość najwyższa	sb	96	55	40	52
Jaskrawość przeciętna	sb	56	22	21	39
Światłość	świec	0,32	2,7	8,7	77
Światłość jednostkowa	św/W	0,155	0,26	0,35	0,80
Trwałość	h	175	700	800	1000
Najwyższa temperatura bańki	°C	60	107	180	243
trzonka	°C	38	55	63	71

Badania wykazały, że promieniowanie tych lamp pochodzi przeważnie z dwu źródeł: rozgrzanej do białości katody cyrkonowej i pobudzonej do świecenia pary cyrkonu i argonu w przestrzeni świetlenia katodowego.

Znaczna część tego promieniowania wykazuje widmo ciągłe, rozprzestrzeniające się od ok. 250 mμ w pozafiolecie, poprzez zakres widzialny, do maksymum w bliskości 1000 mμ i dalej i kończące się w podczerwieni. Przez modulację prądu można uzyskać promieniowanie aż do częstotliwości słyszalnych. Dane niektórych zasadniczych



Rys. 14. Holenderska lampa sodowa (Philips)

typów tych lamp są zamieszczone w tablicy IX.

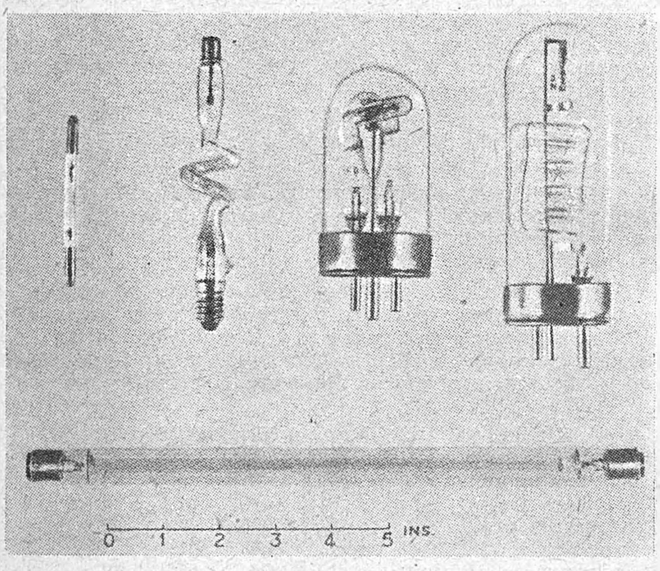
Najważniejsze cechy tych lamp, to bardzo mała ich średnica i duża jaskrawość.

8. Lampy migowe (flash discharge tubes).

Lampy „migowe" (termin polski jeszcze nie ustalony) wprowadzone w roku 1939 dają pulsacje światła przy rozładowaniu energii nagromadzonej w kondensatorze. Pierwotnie lampy migowe, napełniane neonem lub parą rtęci, miały stosunkowo niewielką wydajność świetlną. Podczas wojny znacznie je udoskonalono. Napełnia się je obecnie kryptonem lub ksenonem, a ich wydajność świetlna jest wysoka.

Gdy jedynym zastosowaniem tych lamp była pierwotnie fotografia błyskawiczna, nowoczesne lampy migowe mają obecnie szerokie zastosowanie nie tylko do fotografowania i bezpośredniej obserwacji zjawisk szybkozmiennych, ale i do wytwarzania krótkotrwałych pulsacji światła o znacznej mocy (rys. 15).

Lampy te są dwu zasadniczych typów. W jednym z nich droga wyładowania w porównaniu ze średnicą rury jest



Rys. 15. Doświadczalne lampy stroboskopowe i migowe brytyjskie (Bourne)

długa, a sama rura jest bądź prosta, bądź skręcona spiralnie w kształt stożka. Skręcenie to tworzy ze źródła liniowego — źródło pozornie powierzchniowe o znacznej powierzchni świecącej.

Lampa migowa drugiego rodzaju ma, w przeciwieństwie do omówionej, łuk szeroki i krótki. Przeznaczona jest ona do dawania bardzo intensywnego rozbłysku w czasie nie przekraczającym rzędu 1—2 mikrosekund.

Rozkład energetyczny widma lampy migowej napełnionej ksenonem jest bardzo odpowiedni do fotografii w barwach naturalnych, jakkolwiek światło jej wydaje się nieco więcej niebieskie od naturalnego.

Rozwój tych lamp postępował równolegle w Stanach Zjednoczonych i w W. Brytanii i doprowadził do ustalenia kilku typów lamp o długim łuku, skręconym lub prostym, o największej energii 100, 200 i 480 dżulów (jeden z typów zaopatrzony jest w reflektor wąskostrumienny, inne — w bańkę zewnętrzną w kształcie tuby). Napięcie robocze tych lamp jest 2 kV, ich średnia sprawność 35—40 lm/W.

Lampa o łuku krótkim, dająca pulsację trwającą 1—2 mikrosekund ma energię największą 100 dżulów, a jej napięcie robocze wynosi 7—10 kV.

9. Lampy różne.

Potrzeby wojenne dały nowe zastosowania dla lamp świetlących, tj. lamp wykorzystujących poświatę katodową. To też nowe typy lamp świetlących zostały wprowadzone w różnych krajach. Anglosasi wykonali między innymi lampy, dające promieniowanie w bliskim pozafiolecie. Elektrody są w tej lampie umieszczone w atmosferze mieszaniny azotu i argonu.

Wprowadzenie nowych źródeł nie zmniejszyło popytu na starsze od innych źródła neonowe, które są nadal w najszerszym użyciu.

Doniesiono o rozwoju nowego źródła światła, w którym wyładowanie o znacznej gęstości prądu odbywa się w ksenonie o stosunkowo niskiej prężności.

Badanie charakterystyk wyładowań niskiego napięcia w parach cezu doprowadziło do praktycznego wykonania lampy, która wypromieniowuje prawie całkowitą energię pod postacią fal ograniczonych do dwu prążków widmowych tego gazu, 852,1 oraz 894,4 mμ w zakresie podczerwieni. Lampa ta jest stosowana w jednym z systemów telekomunikacji.

W okresie lat ostatnich przeprowadzono szereg badań nad charakterystykami elektrycznymi wyładowań w gazach przy niskiej prężności oraz nad charakterystykami lamp, zawierających hel, neon, argon, krypton, mieszaniny każdego z tych gazów z każdym innym oraz z parami rtęci. Pozwoliło to na lepsze poznanie skomplikowanych zjawisk, występujących przy tych wyładowaniach.

IV. LAMPY FLUORYZUJĄCE

1. Wiadomości ogólne.

Stosunkowo niedawno jeszcze zjawisko luminescencji było nam prawie obojętne. Wiadomości nasze o nim ograniczały się na ogół do krótkich wzmianek w podręcznikach fizyki, a jedynym prawie zastosowaniem praktycznym były powłoki fosforyzujące na przedmiotach, które chciano uwidocznić w mroku (np. wskazówki zegarka, wyłączniki elektryczne). Natomiast drugie zjawisko, noszące wraz z fosforescencją wspólną nazwę luminescencji — fluorescencja, żadnego w ogóle zastosowania praktycznego nie posiadało.

Dopiero studia nad wyładowaniami elektrycznymi w gazach i związane z nimi dążenie wynalezienia źródła światła, opartego na tym zjawisku i dającego światło zbliżone do dziennego, zwróciły uwagę badaczy na ciała chemiczne, posiadające własność promieniowania energii, która na nie pada, w postaci fal o innej długości. Dobierając tak substancję fluoryzującą, aby reagowała na fale zawarte w zakresie nadfioletu i zwracała tę pobraną energię w postaci fal o długości widzialnej, otrzymano źródło światła oparte na lampie rtęciowej i posiadające od niej nie tylko znacznie lepszą barwę światła, ale i lepszą sprawność.

Zasada podstawowa, na której oparta jest budowa lamp fluoryzujących na pary rtęci o niskiej prężności, była

opracowana już przed ostatnią wojną, a ze sprawozdania sekretariatu Komisji źródeł światła M. K.Ośw. z r. 1939 wynika, że lampy te już podówczas były wytwarzane tak w Europie, jak i w Ameryce. Pomimo restrykcji wprowadzonych na czas wojny, szczególniej w krajach europejskich, produkcja lamp fluoryzujących stale wzrastała, a zakres ich zastosowania również się rozszerzał. Obecnie lampy te są stosowane powszechnie w urządzeniach przemysłowych, handlowych, biurach, sklepach, w mniejszym stopniu także i do oświetlenia mieszkań oraz do dekoracji świetlnej.

2. Lampy fluoryzujące obecnej produkcji.

Tempo rozwoju lamp fluoryzujących w Ameryce było tak szybkie, że w roku 1941 zapotrzebowanie ich się potroiło, w następnych latach jeszcze się podwoiło, osiągając w 1944 r. liczbę 35 000 000 sztuk. Do roku 1939 produkowano w Ameryce lampy o mocy 15, 20 i 30 W. W roku tym wprowadzono rury na 40 W o długości 48″ i średnicy 1½″, które są dotąd w Stanach Zjednoczonych najpopularniejszą z lamp fluoryzujących. Od tego czasu corocznie (z wyjątkiem r. 1943 — roku ograniczeń) przybywały nowe typy lamp. W wyniku stałego rozwoju obecnie są wytwarzane poza typami normalnymi lampy o zapłonie natychmiastowym, lampy o zmniejszonej jaskrawości (wydłużone), lampy okrągłe oraz półokrągłe. Istnieje też odmiana lampy na 40 W, 48″, 1½″, oznaczona dodatkowymi literami L. T. (low temperature); lampa ta zapala się niezawodnie w temperaturach obniżonych aż do 0° C. Produkuje się nadto lampy specjalne zgoła odrębnego typu, jak np. 85 W, 58″, 2⅛″, R. F., pracujące na prąd zmienny z prostowaniem oraz szereg lamp znanych jako 360 BL, tzw. źródeł „czarnego światła“, w których specjalna substancja fluoryzująca zamienia promieniowanie o długości 253,7 mμ na promieniowanie bliskiego pozafioletu.

Omówiliśmy dotąd rozwój lamp amerykańskich o gorącej katodzie. Ale i lampy o zimnej katodzie, historycznie starsze, zostały wykonane jako fluoryzujące. Znalazły one zastosowanie tak do celów oświetlenia, jak i do dekoracji świetlnej (ostatnie z wymienionych są wykonywane na zamówienie w różnych kształtach i barwach).

Rozwój lamp fluoryzujących w Wielkiej Brytanii szedł nieco innymi drogami. Na początku wojny, na wiele lat przed innymi lampami, wprowadzono tam na rynek lampę o mocy 80 W, długości 60″ i średnicy rury 1,5″ zaopatrzoną w trzonek bagnetowy. Przez szereg lat ograniczano się do produkcji tego typu lampy z uwagi na znaczne jej zapotrzebowanie przez przemysł. Lampa na 80 W zawdzięczała popularność swą znacznej sprawności. Szczęśliwym rozwiązaniem okazał się też podczas wojny trzonek bagnetowy, dający kontakt nie wywołujący zaburzeń w pracy na skutek wstrząsów oraz umożliwiający szybką wymianę.

Dopiero w r. 1946 wprowadzono w W. Brytanii lampę na 40 W identyczną pod względem wymiarów i trzonka z takąż lampą amerykańską. W tym czasie rozpoczęto też produkcję próbną lamp na 30, 20 i 15 W również o wymiarach lamp amerykańskich.

Już od roku 1933 są stosowane w W. Brytanii do celów oświetleniowych, a nie tylko do dekoracji świetlnej i reklamy, lampy fluoryzujące wysokiego napięcia z zimną katodą. W porównaniu z takimiż lampami z wymienionego okresu są one obecnie znacznie doskonalsze i są wykonywane tak w długościach znormalizowanych, jak i „na miarę“.

Pod względem barwy światła asortyment lamp brytyjskich jest bardzo bogaty. Oprócz gamy barw, otrzymywanych przez napełnianie rur neonem oraz parą rtęci w atmosferze argonu, jest do dyspozycji odbiorców szereg odcieni barwy „białej“: „światło dzienne“, „ciepło białe“, „białe przejściowe“.

Wreszcie przeprowadzono w ostatnich latach badania nad lampami fluoryzującymi wysokiego napięcia z gorącą katodą oraz opracowano i wprowadzono różne sposoby otrzymania natychmiastowego zapłonu tych lamp.

Na lądzie europejskim produkowano podczas wojny kilka typów lamp fluoryzujących. Ograniczymy się tu do zestawienia danych lamp niemieckich (tabl. X), gdyż materiały o produkcji innych krajów czytelnik znajdzie w pracy poświęconej specjalnie lampom fluoryzującym *).

*) Ob. artykuł inż. L. Bersona na str. 291 (Przyp. red.).

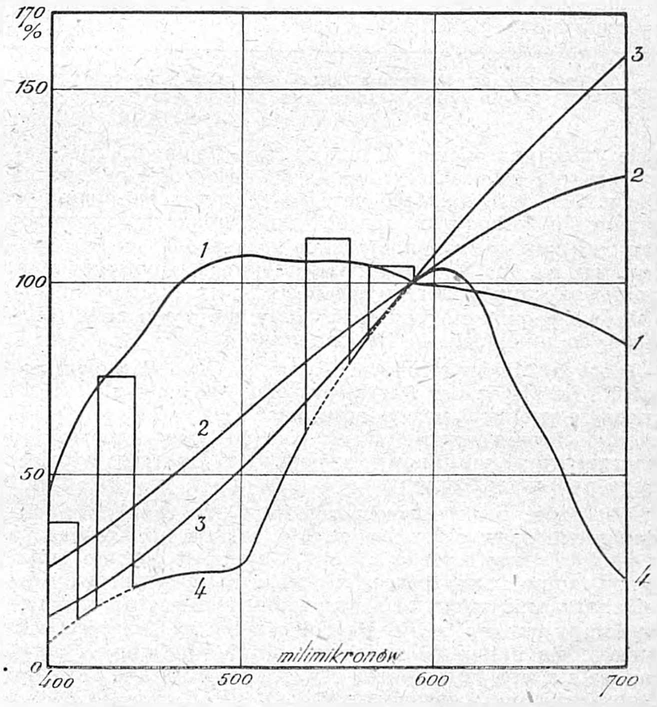
Tablica X. Lampy fluoryzujące niemieckie

Oznaczenie	Moc pobierana (ze stratami w dławiku) W	Prąd A	Strumień świetlny lm	Długość rury mm	Średnica rury mm
HNT*) 70	21	0,20	700	720	26
HNG**)70	21	0,20	770	720	26
HNT 120	31	0,29	1100	970	36
HNG 120	31	0,29	1225	970	36
HNT 200	49	0,50	1820	970	36
HNG 200	49	0,50	2000	970	36

*) HNT = światło białe dzienne.
**) HNG = „ „ żółtawe.

3. Substancje świecące i barwa światła.

Dla wywołania zjawiska fluorescencji stosowane są w różnych krajach rozmaite substancje świecące. W Ameryce stosuje się w tym celu szereg związków chemicznych, z których każdy promieniuje energię w postaci światła barwnego; stosując mieszaniny tych związków otrzymuje się tzw. światło białe. „Bieli“ tych zresztą jest już kilka, żadne bowiem z tych promieniowań nie spełnia wszystkich warunków, stawianych obecnie lampom fluoryzującym. Istotnie, zależnie od przeznaczenia powinny one dawać światło „zimniejsze“ lub „cieplejsze“. Pierwsze z wymienionych lepiej miesza się z naturalnym światłem dziennym promieniowanym przez nieboskłon i jest właściwsze z tego względu, jako wzmocnienie oświetlenia



Rys. 16. Rozkład energetyczny względny kilku źródeł światła (P. Millar)

1. Światło słoneczne w południe
2. Ciało czarne w temperaturze 3500°K
3. Żarówka wolframowa na 300 W (2905°K)
4. Lampa fluoryzująca amerykańska „o świetle dziennym 3500°K“. Krzywa ta oznacza energię promieniowaną przez samą powłokę fluoryzującą pod wpływem naświetlenia energią lampy rtęciowej, promieniowaną w pozafiolecie. Cztery słupki na rysunku oznaczają energię promieniowaną przez lampę bez powłoki fluoryzującej (część widzialna widma lampy rtęciowej niskiej prężności)

naturalnego wnętrz. Światło „zimniejsze“ jest też uznane za właściwsze do wykonywania pracy. Natomiast światło „cieplejsze“ lepiej nadaje się do wypoczynku.

Szczególnie skomplikowanym zagadnieniem jest zagadnienie oddawania przez oświetlenie naturalnych barw

przedmiotów. Brak tu dotąd międzynarodowo przyjętych sprawdzianów, to też porównanie pod tym względem poszczególnych typów lamp między sobą nastręcza znaczne trudności. Rozkład widmowy światła lampy fluoryzującej jest zresztą zawsze inny niż światła naturalnego, ze względu nie tylko na rozkład widmowy promieniowania samej substancji świecącej, ale także i na nakładające się nań promieniowanie widzialne świecącej pary rtęci. Widać to wyraźnie na wykresie (rys. 16), na którym zestawiono rozkład energetyczny kilku źródeł.

To też określenie barwy światła lampy (dokonywane obecnie z pomocą współrzędnych trójliniowych w układzie Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej) nie wystarcza dla scharakteryzowania jej własności oddawania barw. Nie jest dla tego celu użyteczny i stosowany w przemyśle lampowym sposób określania ich z pomocą temperatury barwy odpowiedniej, wyrażonej w ^{0}K. Sposób ten nie ma w ogóle poważniejszego umotywowania, ponieważ lampy fluoryzujące posiadają rozkład widmowy całkowicie odmienny od rozkładu widmowego ciała czarnego, co uniemożliwia ich porównanie.

Dlatego Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa powzięła na zjeździe w Paryżu w roku 1948 uchwałę, której mocą za probierz barwy lamp uważa się łącznie: 1) spółrzędne chromatyczności w układzie MKOśw. i 2) rozkład energetyczny kolumnowy z podziałem zakresu widzialnego na 8 przedziałów.

Większość praktycznych zagadnień, związanych z oddawaniem barw przez oświetlenie, została już rozwiązana z pomocą lamp o różnej „bieli". Natomiast obecnie budowane lampy fluoryzujące, gdy idzie o ścisłe porównywanie barw, nie mogą być stosowane. Nie nadają się więc te lampy tam np. gdzie się dobiera barwy. Do tego celu stosuje się natomiast z dobrym skutkiem lampy fluoryzujące z zimną katodą oraz oświetlenie mieszane lampami fluoryzującymi i żarowymi.

Najstarsza z „białych" lamp fluoryzujących amerykańskich pozorowała najbardziej naturalne światło dzienne o temperaturze barwy 6 500^{0}K. To światło zostało wkrótce uznane za zbyt „zimne" do pewnych celów i wyprodukowano lampę „białą", stojącą na przeciwległym krańcu szeregu „bieli" — pozorującą światło o temperaturze barwy 2 800^{0}K. Lampa ta została jednak zastąpiona lampą na 3 500^{0}K, której barwa jest znacznie bliższa barwy światła żarowego i w związku ze swym rozkładem widmowym jest najwydajniejszą z „białych" lamp fluoryzujących. Poza tymi dwiema lampami są produkowane w Ameryce jeszcze inne, jak lampa „biała przemysłowa" — „najzimniejsza z białych", lampa „miękko biała" oraz lampa „purpurowo biała", która w sposób właściwy oddaje barwy produktów żywnościowych i innych artykułów życia codziennego, zazwyczaj widywanych przy świetle żarowym.

Tablica XI. Substancje świecące stosowane do lamp fluoryzujących amerykańskich

Barwa światła	Substancja świecąca	Zakres promieni wzbudzających mμ	Najwyższa czułość mμ	Zakres promieniowania mμ	Największa moc prom. mμ	Spółrz. chromatyczności Międz. Komisji Oświetl.	
						x	y
Niebieska	wolframian wapnia	2200**)—3000	2720	3800—7000	4400	0,188	0,191
Niebiesko-biała RF	wolframian magnezu	2200—3200	2850	3800—7200	4800	0,210	0,295
Zielona	krzemian cynku	2200—2960	2537	4500—6200	5250	0,225	0,610
Żółto-biała	krzemian berylowo-cynkowy	2200—3000	2537	4500—7200	5950		
Żółto-różowa	krzemian kadmu	2200—3200	2400	4300—7200	5950		
Różowa	boran kadmu	2200—3600	2500	4000—7200	6150	0,525	0,340
Złota	krzemian berylowo-cynkowy z filtrem					0,536	0,462
Czerwona	boran kadmu z filtrem					0,696	0,304
Niebieska ultra*)	„360 BL phosphor"	2200—3200		3200—4000	3600		
Ciepło-biała	krzemian berylowo-cynkowy i wolframian magnezu w różnych proporcjach					0,369	0,333
Biała (3500^{0}K)						0,405	0,390
Biała (4500^{0}K)						0,360	0,363
Dzienna (6500^{0}K)						0,313	0,323
Przemysłowo-biała RF						0,272	0,319

*) Pobudza do świecenia substancje fluoryzujące, wywołuje reakcje fotochemiczne (odbitki na papierach światłoczułych).
**) 2200 mμ to dolna granica pomiarów.

Wszystkie te barwy światła otrzymano z mieszania w różnym stosunku 2 substancji świecących: wolframianu magnezu i krzemianów berylowo-cynkowych o różnych odcieniach.

Dane charakterystyczne substancji świecących, stosowanych do lamp fluoryzujących amerykańskich są zestawione w tabl. XI.

W Wielkiej Brytanii początkowo były również w użyciu mieszaniny substancji świecących póki badania laboratoryjne nie doprowadziły do otrzymania światła „białego" z substancji pojedyńczej: jednego z fosforanów wapniowych (calcium halo-phosphate). Produkuje się 3 typy lamp, których barwa jest scharakteryzowana w tabl. XII.

W Holandii są produkowane lampy o 3 barwach światła: „ciepło-białej" podobnej do takiejże brytyjskiej,

Tablica XII. Barwy lamp brytyjskich

Oznaczenie barwy światła	Spółrz. chromatyczności Międz. Komisji Oświetl.	
	x	y
Światło dzienne 6500^{0}K	0,315	0,325
Światło dzienne	0,355	0,360
Ciepło-białe	0,435	0,380

„białej", która jest pośrednia między amerykańskimi 3 500^{0}K i 4 500^{0}K oraz „światła dziennego" podobnej do amerykańskiej 6 500^{0}K.

W Niemczech są produkowane 2 typy o spółrzędnych podanych w tabl. XIII.

Tablica XIII. Barwy lamp niemieckich

Typ	Barwa światła	Spółrz. chromatyczności Międz. Komisji Oświetl.	
		x	y
HNT	białe dzienne	0,304	0,294
HNG	białe żółtawe	0,358	0,342

LITERATURA

1. Bourne H. K. Discharge Lamps for Photography and Projection. London, 1948
2. Light and Lighting, 1948
3. Spreadbury F. G. Electric Discharge Lighting, London 1946
4. Oranje P. J. Grundlagen, Anwendungen, Eigenschaften von Gasentladungslampen. 1943
5. Preston S. Millar. Developments in Light Sources. Electrical Engineering, 1944
6. Commission Internationale de l'Éclairage. Comité d'études sur les sources de lumière. Rapport du Secretariat, 1948

MGR INŻ. LUCJAN BERSON

Rury fluoryzujące*)

Treść. Główne zalety rur fluoryzujących, jak barwa ich światła, duża sprawność i mała jaskrawość, oraz główne wady, jak wrażliwość na temperaturę otoczenia i wiatr, zjawisko stroboskowe, wreszcie duży koszt sprzętu lampowego. Procesy zachodzące przy wytwarzaniu światła w lampach wyładowczych w ogóle, a w szczególności zjawisko fluorescencji. Konstrukcja i rodzaje rur fluoryzujących, w szczególności rur z gorącą podgrzewaną katodą. Barwy rur fluoryzujących oraz natężenie energetyczne i świetlne różnych źródeł światła jako funkcja długości fali. Proces fabrykacji rur fluoryzujących. Niektóre ich własności, jak przesunięcie fazy i wpływ wahań napięcia sieci na ich pracę. Sprzęt i najczęstsze układy połączeń. Widoki rozwoju rur fluoryzujących. Podjęcie produkcji ich w Polsce; korzyści gospodarcze i widoki zastosowania w Polsce rur fluoryzujących na szeroką skalę. Wprowadzenie rur fluoryzujących jest zapoczątkowaniem przewrotu w dziedzinie oświetlenia.

Флуоресцентные трубчатые лампы. Главные преимущества флуоресцентных ламп: цвет их света, высокий коэффициент полезного действия, малая яркость; главные недостатки: зависимость их действия от температуры окружающей среды и от ветра, стробоскопический эффект, большая стоимость оборудования. Процессы, происходящие при производстве света в разрядных лампах вообще, и в частности явление флуоресценции. Конструкция и разновидности флуоресцентных ламп, в частности ламп с подогревным катодом. Цвет флуоресцентных ламп; энергетическая и световая интенсивность различных источников света в функции длины волны. Ход производства флуоресцентных ламп. Некоторые их свойства, как сдвиг фазы и влияние колебании напряжения в сети на работу ламп. Оборудование и наиболее употребительные схемы соединений ламп. Начало производства флуоресцентных ламп в Польше и выгодность их применения в большом масштабе. Введение флуоресцентных ламп — это начало переворота в области освещения.

Fluorescent Tubular Lamps. The main qualities of fluorescent tubular lamps, such as colour of the light, high efficiency and low brightness, as well as the main disadvantages of these lamps, such as their susceptibility to the effects of the surrounding temperature and wind, stroboscopic effect and, finally, the high cost of such lamp equipment. The processes occurring in discharge lamps in general and, in particular, the phenomenon of fluorescence. Construction and types of fluorescent tubular lamps, in particular of preheated hot cathode lamps. Colours of fluorescent lamps as well as energy and light rates of various light sources as a function of the wavelength. Manufacturing process of fluorescent tubular lamps. Certain of their properties, such as phase displacement and the influence on the operation of these lamps of voltage fluctuations of the supply. Equipment and the more common circuit diagrams. The prospects of development in fluorescent lamps. The undertaking of the manufacture of such lamps in Poland: economic advantages and prospects of application of fluorescent tubular lamps on a large scale. The introduction of fluorescent tubular lamps initiates a revolution in lighting practice.

1. Wstęp.

Według wszelkiego prawdopodobieństwa rury fluoryzujące wysuną się w niedługim czasie na czoło lamp elektrycznych, a ogół polskich inżynierów wie o nich jeszcze bardzo mało, na czasie więc będzie zapoznanie naszych elektryków z istotą i zastosowaniem tego nowego u nas źródła światła. Celem niniejszego artykułu jest wprowadzenie czytelnika w nową dziedzinę oświetlenia elektrycznego.

2. Główne zalety rur fluoryzujących.

Już obecnie rozpowszechnienie rur fluoryzujących za granicą, przede wszystkim w Stanach Zjednoczonych, jest poważne. Wyjaśnijmy sobie, co uprawnia do przewidywań, że w niedalekiej przyszłości rury te osiągną dominującą rolę wśród źródeł sztucznego oświetlenia.

B a r w a ś w i a t ł a. Żarówka, obecnie nasze główne źródło światła, jest pod względem koloru światła zależna od praw termicznego promieniowania. Skład światła zależy od temperatury i w niewielkiej mierze od wybiorczych własności materiału. Temperatura ograniczona jest jednak własnościami najtrudniej topliwego z metali — wolframu, który też jednoznacznie określa własności wybiorcze układu świetlnego żarówki. Temperatura w najlepszym razie zbliża się do 3000° C, gdy temperatura słońca dającego światło, do którego przystosowane są oczy ludzkie, wynosi około 5000° C. To też widmo światła żarówki różni się bardzo od widma światła słonecznego. W pierwszym przeważają fale długie, odpowiadające kolorowi czerwonemu. Strefa najsilniej działająca na oko ludzkie, tj. okolica 5550 Å, — jest w tym widmie słabo reprezentowana, a fale krótkie (w kierunku koloru fioletowego) jeszcze słabiej. Próbowano przez zastosowanie baniek żarówkowych specjalnego koloru niebieskiego, pochłaniającego część promieni będących w nadmiarze, upodobnić światło żarówki do światła dziennego, wynik jednak otrzymano mierny, a zmniejszenie sprawności duże.

Jeszcze gorzej przedstawia się sprawa z lampami sodowymi i rtęciowymi, których światło o wiele więcej odbiega od światła dziennego, niż światło żarówek.

Rury fluoryzujące są pierwszym w historii sztucznego oświetlenia źródłem światła, którego widmo da się w szerokich granicach regulować, a w szczególności — praktycznie rzecz biorąc — zupełnie do światła słonecznego lub dziennego upodobnić.

Dadzą się jednak osiągnąć także niezliczone inne zestawienia widma, np. światło podkreślające silniej niż światło dzienne oba końce widma przy równoczesnym obniżeniu intensywności środkowego zielonego pasa, co podkreśla kolory purpurowe jako dopełniające w stosunku do koloru zielonego. Jest możliwe również silne podkreślenie barwy zielonej, na którą oko ludzkie jest najwrażliwsze, co ogromnie zwiększa sprawność lampy. Oczywiście, tego rodzaju światło nadaje się tylko do celów specjalnych.

Dowolna prawie regulacja światła rur fluoryzujących, w szczególności praktyczne zidentyfikowanie go ze światłem dziennym jest ogromnym osiągnięciem, którego korzyści dopiero po latach używania tych lamp staną się w całej pełni jasne dla korzystających z nich.

S p r a w n o ś ć. Ze względu na swój rozkład światła, uwarunkowany prawami termicznego promieniowania, żarówka jest mało ekonomicznym źródłem światła i nie można się spodziewać istotnej poprawy jej sprawności. Ostatnim wielkim ulepszeniem (przeszło 30 lat temu) było napełnianie lampy gazem, co umożliwiło podwyższenie temperatury. Po tym przyszły już tylko niewielkie ulepszenia, które zmniejszyły straty cieplne wynikające z chłodzenia gazem, a więc dwuskrętka, zmniejszająca skuteczną powierzchnię chłodzenia, i użycie (drogie!) zamiast argonu kryptonu, który ma lepsze pod tym względem własności. Gra to jednak rolę tylko w mniejszych żarówkach (do 100 W), w których w ogóle chłodzenie gazem ma większe znaczenie w bilansie energetycznym.

Jeżeli dla porównania z żarówkami przyjmiemy bardzo rozpowszechnione rury fluoryzujące 40-watowe, to żarówka pierwszorzędna dwuskrętkowa takiej samej mocy (220 V, 40 W) wydaje ok. 11 lm/W, pierwszorzędna zaś żarówka (220 V, 150 W) o tym samym mniej więcej strumieniu świetlnym, co wymieniona wyżej rura, wydaje ok. 13,5 lm/W. Natomiast rura fluoryzująca na 40 W o gorącej katodzie i białym świetle zużywa łącznie ze stabilizatorem ok. 48 W i daje ok. 2100 lm, czyli ok. 44 lm/W. Sprawność jej jest więc 3—4-krotnie większa, niż sprawność żarówki. Kto jest bliżej obznajmiony z własnościami lub produkcją żarówek, ten wie, jak ogromnych urządzeń i wysiłków wymagało opracowanie, a później wprowadzenie w masowej fabrykacji udoskonalenia, podnoszącego sprawność żarówek o średnio 10% (np. dwuskrętki).

Przypuszczalnie bliski jest czas, kiedy używanie żarówek w całym szeregu wypadków będzie zabronione celem obniżenia szczytów, od których zależą koszty inwestycji w energetyce.

Lampy sodowe i rtęciowe mają wprawdzie sprawność bliską do sprawności rur fluoryzujących, jednak nie stanowią one dla nich konkurencji, gdyż:

a) wyrabiane są w dużo większych jednostkach (rtęciowe od 75 do 1000 W i wyżej);

b) są bez porównania droższe;

c) mają nieprzyjemne, często nieznośne widmo i nie nadają się wskutek tego na ogół do oświetlenia wnętrz;

d) wchodzące do pewnego stopnia w rachubę lampy rtęciowe mają czas zapłonu (od włączenia do osiągnięcia 80% strumienia świetlnego) 4—5 minut.

Rury fluoryzujące są dopiero w początkach swego rozwoju. Wszystko wskazuje na to, że sprawność ich (łącznie ze stabilizatorem) w ciągu kilku lat znacznie się zwiększy.

*) Ta obca nazwa wyraźnie podkreśla podstawową zasadę działania nowego źródła światła, lecz jest długa i źle brzmi w mowie polskiej. Na wspólnej naradzie przedstawicieli Polskiego Komitetu Oświetleniowego, Centralnej Komisji Słownictwa Elektrotechnicznego, VI Komisji Normalizacyjnej SEP (Komisja żarówek), Zakładów Wytwórczych Lamp Elektrycznych i Centrali Handlowej Przemysłu Elektrotechnicznego wysunięto w interesach praktyki fabrycznej i handlowej w Polsce termin „świetlówka" jako potoczną nazwę „rury fluoryzującej".

Jaskrawość. Rury fluoryzujące posiadają tak małą jaskrawość (ok. 0,5 sb), że można je instalować bez wszelkich opraw, przy czym wskutek znacznej długości (1 m i więcej) nawet oświetlenie jedną rurą nie daje ostrych cieni.

Dla porównania podajemy kilka danych co do jaskrawości różnych źródeł światła w stilbach czyli św./cm²:

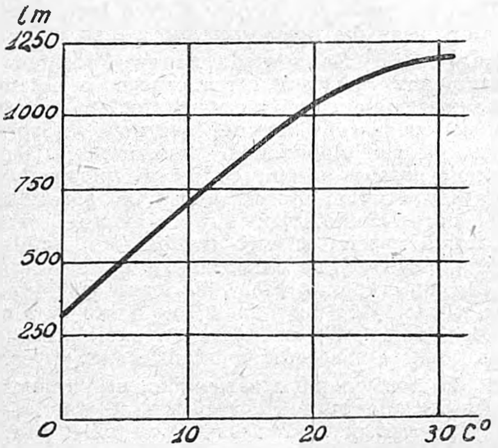
słońce	do 200 000
wielkie wysokociśnieniowe lampy rtęciowe	do 50 000
projekcyjne żarówki kinowe	do 3 000
różne żarówki głównego szeregu	200—1000
lampy rtęciowe o niskim i średnim ciśnieniu	250— 600
lampy sodowe	ok. 10
rury fluoryzujące	0,3—0,9
rury fluoryzujące (najważniejsze typy)	0,4—0,6

Trwałość rury o gorącej katodzie, będącej w Europie typem normalnym, zależna jest w dużym stopniu od liczby włączeń i wyłączeń, jednak średnio można się liczyć z trwałością 2500 godz. Jak wiadomo, żarówki buduje się na ogół na 1000 godz. trwałości, gdyż przy większych trwałościach koszt lumenogodziny zwiększa się znacznie wskutek obniżenia sprawności.

3. Główne wady rur fluoryzujących.

Słuszną będzie rzeczą zwrócić od razu uwagę na główne wady rur fluoryzujących, wykluczające w ich obecnym stadium rozwoju użycie ich do niektórych celów.

Wrażliwość na temperaturę. Rys. 1 podaje zależność strumienia świetlnego rury od temperatury otoczenia przy miernym wietrze, przy czym rura jest zbudowana do oświetlenia wnętrz (optimum przy ok. 20° C w otoczeniu bezwietrznym). Nie tylko strumień światła spada już przy 0° do jednej trzeciej, ale zapalenie lampy staje się przy niskich temperaturach niepewne. Anglicy używają wprawdzie rur fluoryzujących na wielką skalę do oświetlania ulic, budując je co prawda na optimum przy niższej temperaturze, jednak w naszych warunkach klimatycznych w obecnym stadium rozwoju nie wchodzi to na razie w rachubę.



Rys. 1. Wpływ temperatury na strumień świetlny lampy fluoryzującej przy umiarkowanym wietrze

Zjawisko stroboskopowe. Wskutek zanikania wyładowań 100 razy na sekundę przy prądzie zmiennym o 50 okr./sek. powstają wahania światła zależnie od konstrukcji rury średnio w granicach ok. 1 : 2. Te drgania światła, na ogół prawie niedostrzegalne, mogą w pewnych wypadkach (np. przy śledzeniu ruchu obrotowego o podobnej częstotliwości) być bardzo nieprzyjemne. Jeżeli możemy sobie pozwolić na użycie 2 rur umieszczonych w bezpośredniej bliskości, można przez przesunięcie fazy jednej z nich (o czym mowa będzie dalej), zmniejszyć efekt stroboskopowy do kilkunastu procentów, czyli do zjawiska stroboskopowego żarówki na 220 V — 40 W, a więc praktycznie usunąć zupełnie wymienioną wadę.

Duży koszt sprzętu lampowego. Jeżeli rury łączone są równolegle, trzeba każdą z nich zaopatrzyć w stabilizator i zapłonnik. Jest to normalne wykonanie przy użyciu rur o gorącej katodzie, stanowiących normalny typ w Europie. Koszt rury wynosi nie wiele więcej niż koszt żarówki o tym samym strumieniu świetlnym, a przy uwzględnieniu 2,5-krotnej trwałości amortyzacja rury jest znacznie tańsza niż amortyzacja żarówki. Jednak koszt sprzętu — przede wszystkim stabilizatora — jest stosunkowo dość wysoki, obecnie w Europie zachodniej ok. 5 dolarów przy skromnym wykonaniu. Jeżeli rury instaluje się w nowym budynku, odpada koszt opraw żarówkowych, natomiast w razie wymiany istniejącej już instalacji żarówkowej na rury fluoryzujące koszt ten może być przy większej instalacji bardzo poważny. Da się on obniżyć tylko przez masowe i jak najprostsze wykonanie; ułatwia je ta okoliczność, że stabilizator najczęściej jest niewidoczny dla oka, a więc wszelki luksus jest tu nie na miejscu. Czy stabilizatory dadzą się w przyszłości znacznie uprościć, trudno jest dzisiaj przewidzieć.

4. Zasady działania rur fluoryzujących.

Rury fluoryzujące są lampami wyładowczymi rtęciowymi o bardzo niskim ciśnieniu, w których promieniowanie pozafioletowe wynoszące dziewięćdziesiąt kilka procentów całego promieniowania jest przetwarzane przy pomocy ciał fluoryzujących w światło widzialne o żądanym widmie.

Lampy wyładowcze (zimne światło). Do niedawna, począwszy od ogniska i kaganka aż do siatki Auera i żarówki, sztuczne źródła światła były typu termicznego. Wprowadzone do użytku krótko przed drugą wojną światową lampy wyładowcze pracują na całkiem innej zasadzie. Są to na ogół rury wypełnione rozrzedzonym gazem szlachetnym, zwykle z dodatkiem małej ilości sodu metalicznego lub rtęci, o wtopionych w obu końcach elektrodach. Elektrody mogą być podgrzewane i mogą być pokryte masą wysyłającą łatwo elektrony (np. związkami baru), podobnie jak w lampach radiowych. Jeżeli doprowadzimy do elektrod dostatecznie dużą różnicę potencjałów, elektroda ujemna (katoda) zacznie wysyłać elektrony, które dążyć będą do przyciągającej je anody. Jeżeli różnica potencjałów (doprowadzone napięcie) jest dostateczna do wywołania odpowiedniej prędkości elektronów, będą one, zderzając się po drodze z atomami rozrzedzonego gazu, wybijać krążące wokół jądra atomu elektrony. Atom pozbawiony ujemnego elektronu czyli zjonizowany, staje się dodatnim, a więc dąży do przyciągającej go ujemnej katody w kierunku przeciwnym niż wysyłane elektrony. Lampa rozgrzewa się i ciśnienie pary znajdującego się w lampie sodu lub rtęci tak wzrasta, że para metalu obejmuje główną rolę, a potrzebny do zapoczątkowania gaz szlachetny (zwykle argon albo neon) schodzi na drugi plan. Coraz większa emisja elektronów i jonizacja są równoznaczne z coraz zwiększającym się prądem, który znów wywołuje coraz wyższą temperaturę, a ta ze swej strony znów zwiększa wysyłanie elektronów i jonizację. Jest to więc proces lawinowy. Można to wyrazić w ten sposób, że charakterystyka lampy wyładowczej jest ujemna. Ze zwiększającym się natężeniem prądu maleje opór (inaczej niż w żarówce), i to szybciej niż zwiększa się prąd, wskutek czego maleje też napięcie na lampie. Proces pozostawiony sam sobie doprowadziłby do zniszczenia lampy wskutek ciągle zwiększającego się natężenia prądu i temperatury. Aby temu zapobiec, konieczne jest szeregowe włączenie dławika, który spełnia rolę ogranicznika prądu. Dławik — z ewentualnie włączonym w szereg lub równolegle kondensatorem — nazywamy stabilizatorem.

Niezawsze zderzenie elektronu z atomem musi się zakończyć jonizacją. Często następuje wymagające mniejszej energii wyrzucenie jednego z elektronów atomu na dalszą orbitę, nazywane wzbudzeniem atomu. Stan wzbudzenia jest stanem niestałym trwającym niezmiernie krótką chwilę, po czym elektron spada bez zewnętrznej przyczyny na swą dawną orbitę. Przy tym zwalnia się energia w postaci emisji jednego kwantu światła, zwanego także fotonem.

Elektron nie może krążyć po dowolnej orbicie. Tylko pewne ściśle określone odległości od jądra są możliwe. Zależnie od energii zderzenia elektron mógł wyskoczyć na następną lub trzecią itd. orbitę, lecz nie pomiędzy nie; wracając oddaje więc ściśle oznaczoną ilość energii zależną od tego, z której orbity i na którą wraca. Jak widzimy, emisja światła nie jest ciągła, lecz następuje porcjami. Wielkość kwantu światła jest iloczynem częstotliwości (która jest równą prędkości światła podzielonej

przez długość fali) i stałej liczby $6{,}61.10^{-27}$ ergosek., którą oznaczamy zwykle literą *h*. Z tego wynika, że dany gaz czy też para może wysyłać — póki wchodzi w grę emisja z powodu wzbudzenia — tylko zawsze ściśle określone długości fal zależne od natury danego gazu czy pary, a ściślej — od jego napięć wzbudzenia. To tłumaczy nam, dlaczego gazy rozrzedzone wysyłają na ogół nie ciągłe widmo, lecz poszczególne linie widmowe o ściśle określonej długości fali. Dlatego też lampy sodowe i lampy rtęciowe o niskim ciśnieniu mają widma liniowe — nieciągłe.

Inaczej przedstawia się sprawa, kiedy nie elektron atomu wzbudzonego wraca na swoją orbitę, lecz wolny elektron wpada na atom zjonizowany, a więc pozbawiony jednego elektronu, i w nim zostaje. Ponieważ elektron taki przychodzi zależnie od przypadku z najrozmaitszą prędkością, a więc z najrozmaitszą energią, wysłana energia świetlna, a więc i długość fali będą bardzo różne. Jeżeli liczba takich „powrotów" elektronów do jonów jest poważna w stosunku do liczby atomów, oddających światło na skutek powrotu ze stanu wzbudzenia do stanu normalnego, wtedy obok linii widmowych otrzymuje się również widmo ciągłe. Zjawisko to występuje wybitnie w lampach rtęciowych o wysokim ciśnieniu (przekraczającym w niektórych typach 100 atm.).

Nie jest rzeczą możliwą w tym krótkim przeglądzie zająć się obszerniej bardzo skomplikowaną teorią emisji światła w lampach wyładowczych. Ograniczamy się do stwierdzenia, że przy powrocie do stanu normalnego para rtęci wysyła tzw. linię rezonansową o długości fali 2537 Å, a więc leżącą głęboko w strefie pozafioletowej. Lampy rtęciowe o bardzo niskim ciśnieniu wysyłają właśnie głównie tę linię. Przy zwyżce ciśnienia linia ta słabnie i pokazują się linie coraz dłuższych fal. Przy zastosowaniu bardzo wysokich ciśnień stwarzamy warunki połączenia atomów zjonizowanych z elektronami, przez co, jak zaznaczono, linie widmowe podbudowują się widmem ciągłym.

R u r y f l u o r y z u j ą c e s ą l a m p a m i w y ł a d o w c z y m i r t ę c i o w y m i o b a r d z o n i s k i m c i ś n i e n i u r t ę c i (r z ę d u 0,01 mm s ł u p a r t ę c i), w y p e ł n i o n y m i a r g o n e m o n i s k i m c i ś n i e n i u j a k o g a z e m p o m o c n i c z y m. Promieniowanie wy-

jeszcze pewien czas po ustaniu działania światła wywołującego luminescencję (pochłanianego) i o f l u o r e s c e n c j i, jeżeli zjawisko świecenia po zgaśnięciu światła pochłanianego (pierwotnego) nie istnieje lub trwa bardzo krótko.

Granica między obu zjawiskami jest nieścisła i dowolna. Zwykle zalicza się do fluoryzujących ciała, w których samodzielne świecenie wtórne o natężeniu zasługującym na uwagę jest nie dłuższe, niż kilka setnych sekundy. Przykłady fosforescencji dają nam np. ciała nakładane na tarcze i wskazówki zegarków dla widzialności w nocy. Technika lamp elektrycznych posługuje się wyłącznie ciałami fluoryzującymi. Ciała używane w rurach fluoryzujących świecą jeszcze przez chwilę rzędu 0,01 sek. po ustaniu naświetlenia. Jest to, jak zobaczymy, bardzo pożyteczna dla naszych celów własność.

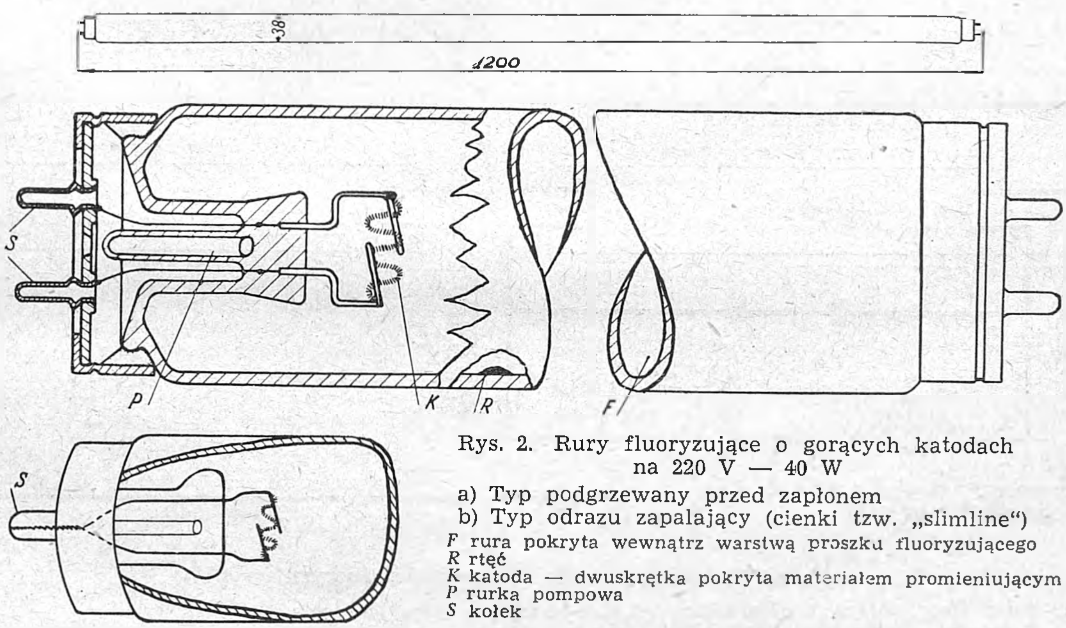
Szkło jest nieprzezroczyste dla promieni pozafioletowych. Dlatego musimy ciała fluoryzujące umieszczać wewnątrz rury fluoryzującej. Nakładamy je na wewnętrzną powierzchnię rur w formie bardzo drobno zmielonego proszku.

Jak wspomniano, ciała fluoryzujące wysyłają zawsze promienie o fali dłuższej, niż fala promieniowania pochłanianego, są one więc transformatorami promieni o pewnej długości fali na promienie o dłuższej fali. Są to różne chemikalia, jak np. połączenia wolframu, krzemu lub berylu. Każde z nich ma maksymum pochłaniania przy pewnej długości fali i maksymum wysyłania przy innej większej długości fali, tudzież pewne charakterystyczne widmo promieniowania, a więc k o l o r. Przez kombinację różnych ciał fluoryzujących (zmieszanie odpowiednich proszków) możemy prawie dowolnie ustalać barwę światła wysyłanego przez poszczególne rodzaje rur. Oczywiście, staramy się używać ciał, których maksymum pochłaniania leży w okolicy fali wysyłanej przez wyładowanie w parze rtęci o bardzo niskim ciśnieniu (2537 Å).

Zjawiska zachodzące przy transformacji fal świetlnych przy pomocy ciał fluoryzujących są bardzo skomplikowane. Ograniczymy się do nadmienienia, że główną rolę odgrywa tu drobna zawiesina obca włączona w skomplikowany ustrój ciała fluoryzującego. W związku z tym odgrywają wielką rolę małe domieszki, rzędu 1%, ciał

a)

b)



Rys. 2. Rury fluoryzujące o gorących katodach na 220 V — 40 W

a) Typ podgrzewany przed zapłonem
b) Typ odrazu zapalający (cienki tzw. „slimline")

F rura pokryta wewnątrz warstwą proszku fluoryzującego
R rtęć
K katoda — dwuskrętka pokryta materiałem promieniującym
P rurka pompowa
S kołek

stępuje tu przeważnie na bardzo krótkiej fali, a mianowicie prawie w 96% na pozafioletowej fali 2537 Å, jest więc niewidoczne.

F l u o r e s c e n c j a. Niektóre ciała posiadają własność wysyłania promieni pod wpływem padających na nie promieni. Zjawisko to zwane l u m i n e s c e n c j ą różni się między innymi tym od zwykłego odbicia światła, że długość fali światła wysyłanego przez ciało luminescencyjne jest inna (a mianowicie zawsze większa) niż długość fal przez nie wchłanianych. Rozróżniamy dwa rodzaje luminescencji: mówimy o f o s f o r e s c e n c j i, jeżeli proces wysyłania światła przez ciało luminescencyjne trwa

(przeważnie związków krzemowych i manganowych) zwanych „aktywatorami". W związku ze strukturalnym działaniem ciał fluoryzujących ważną rzeczą jest sposób przyrządzania proszków fluoryzujących, wobec czego sama znajomość składu chemicznego emulsji fluoryzującej nie jest wystarczającą podstawą do ich fabrykacji.

Jeden kwant światła wchłonięty przez ciało fluoryzujące może wywołać na ogół najwyżej emisję jednego kwantu światła (o dłuższej fali). Stosunek ilości kwantów promieniowania wysyłanego do pochłanianego możemy nazwać sprawnością kwantową ciała fluoryzującego. Istotnie, znamy ciała fluoryzujące, których sprawność

kwantowa zbliża się do jedności, i możemy powiedzieć, że w ogóle często bywa ona duża. Ponieważ jednak energia kwantu światła jest odwrotnie proporcjonalna do długości fali, występują tu straty energii. Dla przykładu przyjmijmy, że ciało fluoryzujące otrzymuje tylko fale 2537 Å i wysyła tylko fale, na które oko ludzkie jest najwrażliwsze, tj. 5550 Å. Jeżeli by sprawność kwantowa była równa 1, stosunek energii wypromieniowanej do pochłanianej, który nazwiemy sprawnością falową, wynosiłby w tym wypadku

$$\frac{2537}{5550} = 0,457.$$

Sprawność energetyczna ciała fluoryzującego η_e jest iloczynem sprawności kwantowej η_k i sprawności falowej η_λ i, jak widać, może w korzystnym wypadku zbliżać się do 0,5.

5. Konstrukcja i rodzaje rur fluoryzujących.

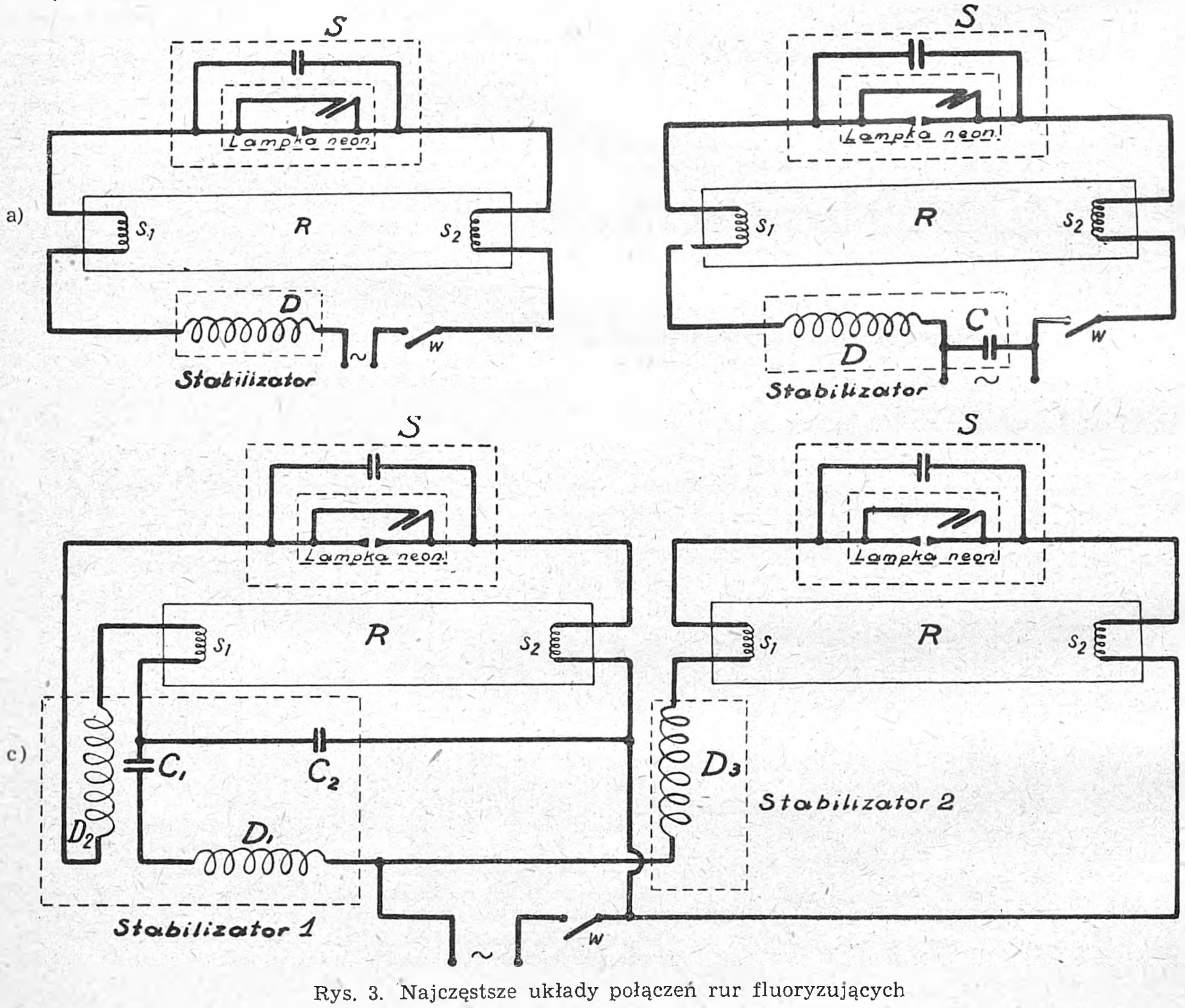
Zasadniczy podział rur fluoryzujących. Jak wynika z poprzedniego rozdziału, wysyłanie elektronów przez katodę jest podstawą zjawisk powstających wewnątrz rury. Na wydobycie z katody elektronów po-

a) typ z katodą podgrzewaną przed zapłonem — ogólnie w Europie używany,

b) typ od razu zapalający.

Na rys. 2a podana jest rura na 40 W — 220 V podgrzewana przed zapalaniem. Jest to szklana rura cylindryczna o średnicy około 38 mm, grubości ścianki ok. 1 mm, długości ok. 1200 mm. W obu końcach znajdują się wtopione dwuskrętki pokryte masą wysyłającą elektrony. Ścianki rury pokryte są wewnątrz bardzo cienką warstwą mieszaniny proszków fluoryzujących. Po obu stronach jest rura zakończona bakielitowymi dwukołkowymi trzonkami.

Rys. 2b podaje typ lampy od razu zapalającej. Dławik stabilizatora jest zbudowany jako transformator rozpraszający, dający przy otwartym obwodzie wtórnym (dużo wyższe niż pod obciążeniem) napięcie, wystarczające do zapoczątkowania wyładowania, które znów samo podgrzewa dwuskrętkę mniej więcej do 800—900° C. W tym wypadku nie potrzeba zapłonnika. Istnieją też zapłonniki specjalne („split-second-starter"), zapalające lampy bez podgrzewania przy użyciu zwykłych stabilizatorów. W każdym wypadku rury od razu zapalające mają dwuskrętki zwarte. W Ameryce rozpowszechnione rury „slim-



Rys. 3. Najczęstsze układy połączeń rur fluoryzujących

a) Rura fluoryzująca z dławikiem bez kondensatora (cos $\varphi \cong$ 0,5)
b) Rura fluoryzująca z dławikiem i kondensatorem (cos $\varphi \cong$ 0,9)
c) Układ pary rur fluoryzujących (cos $\varphi \cong$ 0,97), zjawisko stroboskopowe znacznie zmniejszone

R	rura	*w*	wyłącznik
s_1, s_2	skrętki	*C*, C_1	kondensatory na ~ 3 μF
D, D_1, D_2, D_3	dławiki	C_2	kondensatory na ~ 0,01 μF
S	zapłonnik		

trzebna jest pewna praca, ujawniająca się w spadku napięcia w części rury najbliższej katodzie. Spadek ten jest tu znacznie gwałtowniejszy niż w dalszej części rury i jest praktycznie biorąc czystą stratą. Istnieją dwa zasadnicze rodzaje rur fluoryzujących: rury z gorącą katodą i rury z zimną katodą.

Rury z gorącą katodą są obecnie najbardziej rozpowszechnione w Europie. Rozróżnia się tu dwa typy:

line" („cienkie") są właśnie tego typu. Posiadają one trzonki o jednym kołku. Jest prawdopodobne, że w przyszłości wszystkie rury o gorącej katodzie będą budowane jako rury od razu zapalające — przy użyciu specjalnego zapłonnika.

Rys. 3a, b, c podają najczęstsze układy połączeń rur fluoryzujących. Najprostszy z nich widzimy na rys. 3a. Literą *S* oznaczony jest zapłonnik, który w czasie palenia

się rury jest wyłączony. Prąd płynie więc przez dławik D do skrętki s_1, następnie przez rurę (jony pary rtęci) do drugiej skrętki s_2 i do sieci. Oczywiście, kierunek prądu zmienia się z częstotliwością. Środek skrętki zachowuje temperaturę ok. 800—900° C (zwykle tylko kilka zwojów) na skutek wyładowania.

Do zapoczątkowania wyładowania służy zapłonnik (S). Najczęściej używa się jako zapłonnika lampki neonowej z przyłączonym równolegle kondensatorem o bardzo małej pojemności. Do elektrod są przymocowane druty dwumetalowe, stanowiące wyłącznik pomocniczy, który przy normalnej temperaturze jest otwarty, przy podgrzaniu zaś zwiera się samoczynnie. Lampka neonowa jest lampą wyładowczą, która przy napięciu powyżej 190 V zapala się samoczynnie, w razie zaś spadku napięcia poniżej 190 V gaśnie i prądu nie przepuszcza.

Gdy zamkniemy wyłącznik lampy w, popłynie prąd przez jedną ze skrętek, lampkę neonową i drugą skrętkę. Skrętki zaczynają się lekko nagrzewać. Nagrzewa się jednak również na razie otwarty wyłącznik dwumetalowy. W pewnej chwili następuje jego zwarcie. Zaczyna płynąć dużo większy prąd, ograniczony tylko małym oporem skrętek i indukcyjnością dławika. Skrętki rozżarzają się, wysyłając obficie elektrony. Napięcie nie wystarcza jednak do zapoczątkowania wyładowań w rurze, gdyż jonizacja pomocniczego gazu — aragonu, którym wypełniona jest rura, jest jeszcze zbyt mała. Ponieważ jednak lampa neonowa zapłonnika jest zwarta wyłącznikiem dwumetalowym, wyłącznik ten stygnie i w pewnej chwili nagle otwiera się, co wywołuje dodatkowe napięcie rzędu 600 do 700 V, wystarczające do zapoczątkowania wyładowań w rurze fluoryzującej, która szybko rozgrzewa się, przy czym znajdująca się wewnątrz niej kropelka rtęci paruje. Para rtęci przejmuje wyładowania, rura zaczyna pracować normalnie, gałąź boczna jest wyłączona, gdyż wyłącznik dwumetalowy zapłonnika jest otwarty, lampka zaś neonowa nie zaświeca się, gdyż przez rurę fluoryzującą przepływa już prąd normalny, wskutek czego dławik zabiera połowę napięcia. Napięcie rury wynosi ok. 110 V. Cały opisany powyżej przebieg zapłonu trwa ok. 2 do 3 sekund.

Rury fluoryzujące o gorącej katodzie mają mały katodowy spadek napięcia (ok. 15 do 20 V), a więc dużą sprawność i mogą być budowane na niskie napięcia sieci (220 V). Wadą ich jest zależność trwałości od liczby włączeń, gdyż każde włączenie wpływa ujemnie na dwuskrętkę pokrytą masą wysyłającą elektrony. Przy normalnej eksploatacji trwałość rury wynosi jednak ok. 2500 godzin. Przy świeceniu bez przerwy trwałość zbliżałaby się do 10 000 godzin.

R u r y z z i m n ą k a t o d ą nie różnią się zewnętrznie prawie wcale od rur z gorącą katodą. Zamiast podgrzewanych skrętek posiadają one dwie katody metalowe (zwykle żelazne) wykonane jako ciała obrotowe. Oczywiście, trzonki dwukołkowe są tu zbędne. Aczkolwiek katoda rozgrzewa się i w tych rurach pod wpływem działania wyładowań do jakichś 150° C, to jednak katodowy spadek napięcia jest rzędu 100 V. Rury muszą być więc budowane na dużo wyższe napięcia (np. 500 V), aby owych 100 V stanowiących stratę było niezbyt wielkim procentem całego napięcia. Ze względu na długość rur nie można jednak iść zbyt wysoko i wskutek tego sprawność rur z zimną katodą jest gorsza niż w rurach z gorącą katodą.

Ze względu na to, że przy zapoczątkowaniu wyładowań katoda jest zupełnie zimna, potrzebne jest do zapalenia rury wysokie napięcie, a więc transformator rozpraszający. Używa się tych rur, łączonych zwykle w szereg, po kilka lub nawet kilkanaście sztuk, przy czym napięcie jest rzędu kilku tysięcy woltów.

Wadami rur z zimną katodą są więc gorsza sprawność, wysokie napięcie i szeregowe łączenie powodujące zgaśnięcie całego szeregu przy uszkodzeniu jednej rury.

Zaletami są wielka trwałość dochodząca do 10 000 godzin i uniknięcie stosowania osobnego stabilizatora (dławika) dla każdej rury; co prawda konieczny jest za to jeden transformator wysokiego napięcia — dla kilku rur.

W Ameryce toczy się ostra walka między zwolennikami rur o gorących i zimnych katodach. Niestety, nie znamy procentu rozpowszechnienia obu rodzajów. Na kontynencie europejskim rura o gorącej katodzie dominuje jednak bezapelacyjnie i wydaje się, że w obecnym stadium jest ona najodpowiedniejsza dla warunków panujących w Polsce. W dalszym ciągu będziemy się zajmowali rurami o gorącej katodzie podgrzewanymi przed zapaleniem.

B a r w y r u r ś w i e t l ą c y c h. Sprawa barw jest słabą stroną nauki o oświetleniu, gdyż jest zależna od indywidualnych własności oka ludzkiego (skrajny przykład — daltoniści). Rozwijanie teorii barw wykraczałoby poza ramy niniejszego artykułu, to też ograniczymy się tu tylko do kilku uwag. Przy sztucznych źródłach światła chodzi nie tylko o barwę światła wysyłanego, ale przede wszystkim o b a r w ę ś w i a t ł a o d b i t e g o o d p r z e d m i o t ó w. Oświetlenie będzie bowiem tylko wtedy sprawiać wrażenie np. światła dziennego, kiedy kolor oświetlonych nim przedmiotów będzie się zbliżał do koloru widzianego w świetle dziennym. Warunek ten będzie spełniony tym lepiej, im bardziej widmo danego światła będzie się w swym rozkładzie ilościowym zbliżać do widma światła, do którego barwy dążymy.

Światło dzienne (rozproszone) i światło słoneczne (bezpośrednie) mają tę właściwość, że działają przyjemnie tylko przy znacznej intensywności oświetlenia. Światło księżyca, którego widmo jest bardzo podobne do widma światła słonecznego, robi jako źródło oświetlenia wrażenie nieprzyjemne. Przy sztucznym oświetleniu zwykle możemy sobie jednak pozwolić tylko na drobny ułamek jasności światła dziennego.

Słońce jest temperaturowym źródłem światła. Temperaturowymi były też do niedawna wszystkie sztuczne źródła światła. Światła temperaturowe mają określone widma zależne tylko od temperatury i natury ich źródeł. Jeżeli pominiemy niewielki wpływ natury, to możemy widmo światła temperaturowego określić jednoznacznie temperaturą ciała wysyłającego je (ściśle rzecz biorąc doskonale czarnego ciała).

Większość rur fluoryzujących służących do celów ogólnego oświetlenia wysyła światło o składzie niewiele różniącym się od widma temperaturowych źródeł światła. To też światło ich określić można temperaturą odpowiedniego temperaturowego światła.

Specjalne znaczenie posiada tzw. białe światło, które znajduje się w środku ciężkości trójkąta barw Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej. Jest ono zdefiniowane w ten sposób, że krzywa przedstawiająca natężenie wysyłanej energii w zależności od długości fali jest w zakresie widzialności prostą poziomą, tzn. że równym przedziałom długości fali odpowiada równa ilość wypromieniowanej energii. Światło białe jest pod względem barwy zupełnie obojętne, nienasycone żadnym kolorem. Jest ono ściśle określone co do widma, czego nie można powiedzieć o świetle dziennym lub słonecznym, którego barwa jest zmienna zależnie od pory dnia i roku, pogody, położenia geograficznego, wysokości nad poz. morza i czystości powietrza.

Rys. 4 przedstawia różne krzywe i to dwojakiego rodzaju. Literami oznaczone są krzywe natężenia wypromieniowanej energii (mocy) w zależności od długości fali $\frac{dP_\lambda}{d\lambda}$. Natomiast liczbami oznaczone są krzywe natężenia efektu fotometrycznego (strumienia) w zależności od długości fali $\frac{dF}{d\lambda}$. Przyjęto w obu wypadkach największe natężenie jako równe 100%, wobec czego poszczególne punkty nie podają wartości bezwzględnych, lecz tylko stosunek do maksymum. Krzywe na rys. 4 nie dają żadnego pojęcia o sprawności świetlnej, natomiast dają pojęcie o rozkładzie światła czyli o kolorze. Krzywa przedstawiająca rozkład natężenia energii światła białego jest w myśl powyższej definicji prostą poziomą (*2*). Krzywa *1* podaje wrażliwość oka ludzkiego nastawionego na jasne światło (przy skąpym świetle krzywa ta przesuwa się ku promieniom krótszym, co nazywamy zjawiskiem Purkinjego). Maksymum wrażliwości (czyli największy efekt fotometryczny) wykazuje oko ludzkie na światło zielono-żółtawe posiadające długość fali 5550 Å. Dla fal więc, dla których rzędna tej krzywej jest dwa razy mniejsza (ok. 5100 i ok. 6100 Å, co odpowiada kolorowi zielonemu, wzgl. pomarańczowemu), trzeba dwa razy więcej energii wypromieniowanej, aby dostać ten sam efekt fotometryczny itd. Jeżeli więc rzędne krzywej rozkładu natężenia energetycznego jakiegoś źródła światła będziemy mnożyć przez rzędne krzywej wrażliwości oka ludzkiego, otrzymamy krzywą natężenia efektu fotometrycznego danego źródła światła. Oczywiście krzywa wrażliwości oka

ludzkiego jest równocześnie krzywą natężenia fotometrycznego światła białego.

Oba rodzaje krzywych dają nam pojęcie o rozkładzie barw danego światła. Różnice po obu końcach widma widzialnego przy krzywych fotometrycznych są bardzo małe w stosunku do różnic krzywych energetycznych, gdyż mała wrażliwość fotometryczna oka ludzkiego zaciera je, tak że ostatecznie nawet krzywa energetyczna żarówki *d*, zupełnie różna od reszty krzywych energetycznych, upodabnia się do nich co do kształtu po przemienieniu na krzywą fotometryczną.

Krzywe *b* wzgl. *2* przedstawiają promieniowanie ciała czarnego przy 5000° C, co odpowiada mniej więcej temperaturze promieniowania słonecznego. Jak widać, krzywa fotometryczna prawie nie różni się od krzywej światła białego (odpowiadającej promieniowaniu przy 5800° C), a jednak oko ludzkie chwyta różnicę barw. To też przy ocenie barwy światła należy uwzględniać obie krzywe — energetyczną i fotometryczną.

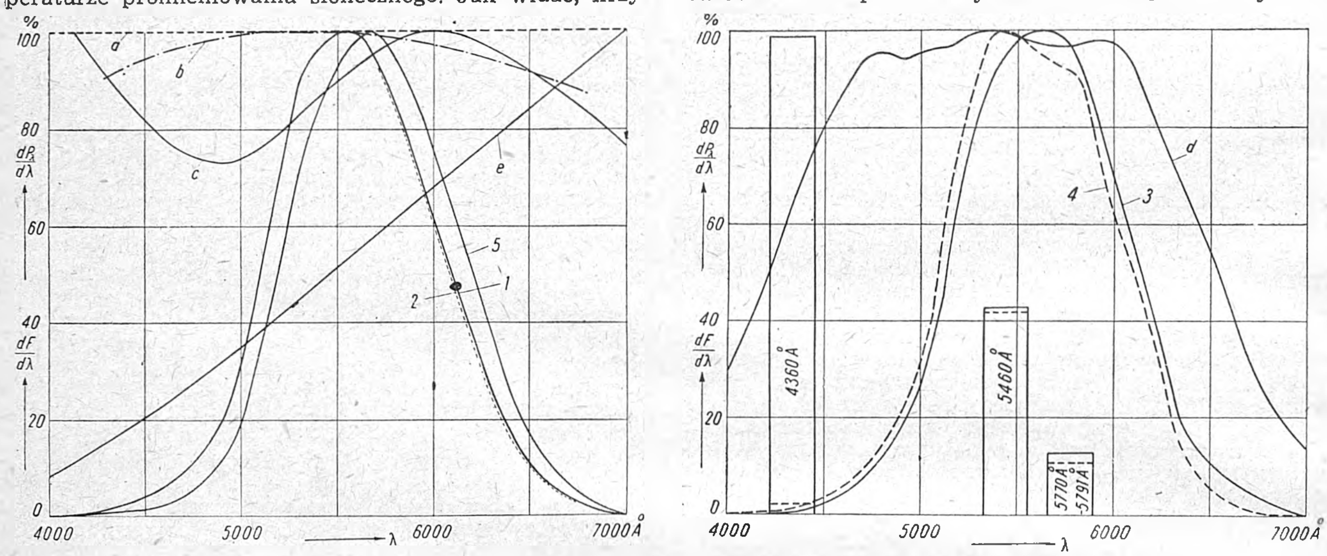
Krzywe *c* wzgl. *3* pokazują rozkład naturalnego światła dziennego (rozproszonego, nie bezpośredniego słonecznego). Widzimy, że krzywa energetyczna ma inny kształt niż np. krzywa światła białego lub bezpośredniego światła temperaturowego. Mimo to praktyczny rozkład jest bardzo podobny, jak przy promieniowaniu czarnego ciała o temperaturze ok. 6500° C.

Krzywe *e* wzgl. *5* okazują rozkład światła polskiej rury fluoryzującej „światło dzienne" (odpowiadającej około 6200° C). Jak widać, rozkład barw nie jest wprawdzie zupełnie taki sam jak poprzedni, lecz bardzo do niego podobny. Praktyka wykazała, że rozróżnianie barw jest bardzo podobne do rozróżniania przy naturalnym świetle dziennym. W świetle tym przebija słabo przez widmo ciągłe kilka linii pochodzących z bezpośredniego wyładowania w parze rtęciowej. Amerykanie podają nieco inny rozkład promieni swych rur „dzienne światło".

Zupełnie inny obraz przedstawia krzywa światła żarówki (*d* wzgl. *4*). Maksymum natężenia energii promieniowania leży daleko w niewidocznych długościach fal podczerwonych (na prawo od figury). Gdyby przebieg promieniowania widocznego wkreślić w stosunku do tego maksymum, krzywa energetyczna przebiegałaby bardzo nisko, powierzchnia zaś krzywej fotometrycznej byłaby maleńka. To tłumaczy małą sprawność żarówki. Z teoretycznie możliwej sprawności 660 lm/W (równoważnik fotometryczny energii dla światła o długości 5550 Å (osiągamy średnio ok. 13 do 14 lm/W czyli η = 0,02. Dla źródeł temperaturowych o 5000 do 6000° C maksymum leży w okolicy najwyższej wrażliwości oka ludzkiego, a natężenie energetyczne opada po obu stronach widzialnego widma. Dlatego ich sprawność jest bez porównania wyższa niż żarówki. Rury fluoryzujące mają to samo korzystne położenie maksymum, a jednocześnie bardzo małe straty energii na wysyłanie promieni niewidzialnych.

Barwa światła rur fluoryzujących o świetle zbliżonym do temperaturowego jest kompromisem między tendencją zrównania z naturalnym światłem dziennym a koniecznością uniknięcia nieprzyjemnego wrażenia przy małej jasności.

Zarówno w Ameryce, jak i w Europie produkuje się rury o tzw. świetle białym i o tzw. świetle dziennym; prócz tego szwedzka firma „Luma" wyrabia rury o tzw. świetle słonecznym. Amerykańskie rury „białe" wyrabiane są na ogół w dwóch rodzajach — na 3500° i 4500° K. Tabl. I podaje położenie temperaturowe różnych źródeł światła — temperaturowych lub bardzo zbliżonych w swym widmie do temperaturowych. Jak widzimy, rury „białe" są dość daleko odsunięte od światła białego w kierunku promieni średnich i długich. Jest to, jak stwierdziła w pełni praktyka, uniwersalna lampa doskonale nadająca się do ogólnego oświetlenia jako kompromis między dążeniem do naturalnej barwy światła i przedmiotów a przykrym wpływem małego natężenia w porównaniu ze światłem dziennym. Natomiast rur „światło dzienne" z korzyścią używa się tam, gdzie chodzi o sztuczne oddanie kolorów przedmiotów. Przy bardzo bogatym oświetleniu można ich też używać do oświetlenia ogólnego.



Rys. 4. Względny rozkład energii (mocy) i strumienia świetlnego

	Energia	Strumień świetlny
Białe światło	*a*	*1*
Ciało czarne, 5000° C	*b*	*2*
Światło naturalne dzienne (średnio)	*c*	*3*
Rura fluoryzująca "światło dzienne"	*d*	*4*
Żarówka	*e*	*5*

Tablica I. Źródła światła o widmie typu temperaturowego lub zbliżonym

Źródło światła	Temperatura czarnego ciała odpowiadająca widmu
Żarówka próżniowa	ok. 2500° K
Żarówka gazowana	ok. 2800° K
Amerykańska rura fluoryzująca „biała 3500"	ok. 3500° K
Światło księżyca (średnio)	ok. 4100° K
Amerykańska rura fluoryzująca „biała 4500"	ok. 4500° K
Polska rura biała	ok. 4500—4600° K
Słońce	ok. 5000° K
Białe światło	**ok. 5800° K**
Polska rura „dzienne światło"	ok. 6500° K
Światło dzienne (średnio)	ok. 6200—6800° K
Niebo niebieskie	ok. 8000° K i więcej

Mieszanie proszków fluoryzujących o różnych widmach daje nam możliwość „mieszania światła" tak, jak malarz miesza swe farby na palecie. Nasuwa się więc myśl, czy

nie dałoby się przez właściwe „zmieszanie" farb otrzymać do pewnych celów lepszych kolorów, niż te, które nam dają dotychczas istniejące źródła światła — naturalne i sztuczne. Taka próba została też na bardzo wielką skalę podjęta i w rezultacie powstała lampa o świetle specjalnym, różniącym się zarówno od naturalnego światła dziennego, jak i od światła lamp dotychczasowych. Anglicy nazywają to światło „ciepło-białym". Po polsku brzmi to niezręcznie; proponowalibyśmy nazwać to źródło światła „barwnym" lub może „łagodnym". Światło białe będąc samo „neutralnym" daje niezbyt żywe kontrasty barw. Pochodzi to stąd, że środek widma ok. 5550 Å jest wskutek wrażliwości oka ludzkiego na te kolory (żółto-zielone) specjalnie podkreślony. Natomiast rura „barwna" wykazuje w tym właśnie miejscu wybitne minimum, maksyma zaś w okolicy 4700—5200 Å (niebieskie, niebiesko-zielone do intensywnie zielonego) i zwłaszcza w okolicy 6200 Å (pomarańczowe). Wskutek tego przy nieznacznie zmniejszonej sprawności dostajemy wesołą żywość kolorów, która w mieszkaniach, w lokalach publicznych itp. jest bardzo mile widziana. Światło „barwne" nie leży na linii źródeł temperaturowych i dlatego nie należy go używać we współpracy z niektórymi innymi źródłami światła, np. ze światłem dziennym.

Dalsze szczegóły o rodzajach rur fluoryzujących. Jak się zdaje, Ameryka wyprzedziła wskutek wojny tak znacznie Europę w dziedzinie konstrukcji i fabrykacji rur fluoryzujących, że upłynie jeszcze szereg lat, zanim produkcja holenderska i angielska ją dogoni. Zwłaszcza duże bogactwo typów: od 4 do 100 W w blisko 10 kolorach światła, z gorącą katodą podgrzewaną — w tym kilka typów kształtu pierścieniowego, z gorącą katodą od razu zapalające — w tym bogaty „cienki szereg" (slim-line), wreszcie z zimną katodą na różne napięcia. W katalogach Philipsa znajdujemy rury na 20, 25 i 40 W z podgrzewaną katodą w 3 kolorach na 220 V.

Tablica II. Amerykańskie rury fluoryzujące (główny szereg — katoda podgrzewana przed zapłonem)

Pobór mocy (W)	4	6	8	13	14	15	15	20	30	40	40	100
Długość znamionowa (cale ang.)	6	9	12	21	15	18	18	24	36	48	60	60
Średnica zewnętrzna (cale ang.)	5/8	5/8	5/8	5/8	1 1/2	1	1 1/2	1 1/2	1	1 1/2	2 1/8	2 1/8
Napięcie sieci, na które istnieją znormalizowane stabilizatory (V)	110—125	110—125	110—125	110—125	110—125 105—125	110—125	110—125	110—125	110—125 199—216 220—250	110—125 199—216 220—250 240—280	110—125	110—125 199—216 220—250 240—280
Napięcie rury fluoryzującej (V)	36	48	57	100	38	55	46	59	98	106	110	71
Sprawność w lm/W po 100 godz. świecenia — światło białe 3500°K		35	41	45	35	41	40	46	49	58		42
„ barwne					27	32	31	35	39	43		33
„ zielone						60	54	65	75			
„ czerwone						3	3	3	4			
Rury w kształcie pierścienia (W)								22	32			
Średnica zewnętrzna pierścienia (cale ang.)								8 1/4	12	16		
Średnica zewnętrzna rury (cale ang.)								1 1/8	1 1/4			
Napięcie rury (V)								64	84			
Sprawność (lm/W)									50			

Uwagi. Dane z maja 1947 r.: trwałość rur o mocy 4—40 W przy świeceniu 3 godzin na 1 zapłon 2500 h
„ „ „ „ „ „ „ „ 6 „ „ „ „ 4000 h
„ „ „ „ „ „ „ „ 12 „ „ „ „ 6000 h
Dla rur o mocy 100 W odpowiednie trwałości będą 3000, 4500 i 6500 h.
Rury na 40 W wyrabiane są także jako odrazu zapalające. Poza tym rura na 40 W, 1 1/2" w wykonaniu specjalnym dla niskich temperatur zapala się pewnie przy —18° C przy trwałości 1500 h.

Tablica III. Amerykańskie rury fluoryzujące „cienki szereg" (slim-line) — od razu zapalające

Długość i średnica (cale ang.)	42 × 3/4			64 × 3/4			72 × 1			96 × 1		
Natężenie prądu w rurze (A)	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3
Napięcie rury (V)	180	150	130	285	230	200	250	220	200	335	295	265
Pobór mocy (W)	16	25	33	24	39	51	22	38	51	29	51	69
Sprawność, białe światło (lm/W)	58	56	52	60	58	53	64	62	59	65	63	60

Uwagi. Dane z maja 1947 r. Potrzebne napięcie zapłonu 450—750 V zależnie od długości.

Tablica IV. Amerykańskie rury fluoryzujące o zimnej katodzie

Sprawność rury o białym świetle 3500° łącznie z poborem mocy transformatora na 9000 V włączonego w szereg z odpowiednią liczbą rur przy podanej długości rury (cale ang.) po 100 godzinach
Trwałość 1000 h

Długość rury w cal.ang.	Średnica zewnętrzna (mm) i natężenie prądu (A)		
	15 mm—0.048 A	20 mm—0,085 A	25 mm—0,090 A
52	26,3 lm/W	33,5 lm/W	34,3 lm/W
64	27,5 „	35,4 „	36,2 „
76	29,2 „	37,2 „	38,0 „
84	29,8 „	37,9 „	38,8 „
93	30,4 „	38,7 „	39,6 „
116	31,6 „		
140	34,8 „		

Tablica V. Rury fluoryzujące Philipsa z podgrzewaną katodą

Pobór mocy		(W)	20	25	40
Długość rury		(mm)	590	970	1200
Sprawność przy kolorze światła	barwnym	(lm/W)	40	46	50
	białym	„	42,5	48	52,5
	dziennym	„	37,5	44	47,5

Uwaga. Brak na razie danych co do rur o mocy 65 W

Tablice II do V podają niektóre dane rur fluoryzujących amerykańskich i holenderskich (Philipsa). Podane sprawności należy rozumieć bez poboru mocy stabilizatora.

6. Fabrykacja rur fluoryzujących o gorącej katodzie.

Wnętrza (dwa dla każdej rury) robi się podobnie, jak w żarówkach, jednak skrętka (podwójna, bardzo krótka, często zupełnie bez podpórek) musi być pokryta ręcznie lub kataforetycznie materiałem emitującym elektrony. Do elektrod doczepia się wąsy wysunięte w bok, albo do jednej z elektrod żelazną czapeczkę o średnicy od 1—1,5 cm. Wąsy te wzgl. czapeczka chronią skrętkę przed uderze-

niami elektronów, gdy dane wnętrze jest anodą, i zwiększają w ten sposób trwałość rury.

Rury szklane przychodzą gotowe z huty. Proszki miesza się mieląc je w młynkach porcelanowych. Tworzy się zawiesinę w octanie butylowym. Pionowo stojące rury napełnia się tą zawiesiną przez poddanie jej ciśnieniu w naczyniu połączonym, którego jedno ramię stanowi właśnie rura, po czym zawiesina odpływa, a na rurze pozostaje cieniutka warstwa proszku. Po ściekniędu octanu butylu rury przechodzą przez piec, gdzie w temperaturze ok. 500° C resztki płynu wyparowują, a proszek przypieka się do ścian.

Następne czynności przypominają fabrykację żarówek. Jedno wnętrze zatapia się w koniec rury na zatapiarce bardzo podobnej do zatapiarki do żarówek, po czym rurę obraca się i na tej samej lub identycznej zatapiarce wtapia się po drugiej stronie drugie wnętrze. Pompownice bywają stojące lub — przy fabrykacji na wielką skalę — obrotowe. Przy pompowaniu przepłukuje się rury argonem, po czym napełnia się je nim pod niskim ciśnieniem (rzędu 3 mm słupa rtęci). Przy pompowaniu skrętki muszą się świecić dla zredukowania węglanów baru wzgl. strontu na tlenki (jak w przypadku lamp radiowych). Rtęć musi być specjalnym aparatem dozowana. Przy pompowaniu poddaje się rury wyładowaniom pod napięciem znacznie wyższym niż robocze. Trzonkowanie odbywa się przy niższej niż przy żarówkach temperaturze (trzonki bakielitowe!). Ważna jest kontrola: długości rury (ze względu na normalizację opraw), barwy światła (mieszaniny proszków), grubości masy emisyjnej na skrętce, grubości warstwy masy fluoryzującej na ściankach rury, napięcia zapłonowego, wielkości elektrycznych i oczywiście fotometrycznych.

7. Niektóre własności rur fluoryzujących.

Rury fluoryzujące zachowują się pod niektórymi względami inaczej niż żarówki. W rozdz. 3 zwróciliśmy uwagę na wpływ temperatury zewnętrznej i na zjawisko stroboskopowe. Tu podamy dalsze godne uwagi własności.

P r z e s u n i ę c i e f a z y. Sama rura wytwarza tylko bardzo małe przesunięcie fazy. Do stabilizacji prądu używa się jednak dławików, gdyż opory czynne byłyby zupełnie nieekonomiczne. Ponieważ w stabilizatorze trzeba zużyć około połowy napięcia, strata przy użyciu oporu czynnego wynosiłaby około 100% poboru energii samej rury, gdy dławik zużywa ok. 15—30%. Powstaje jednak przesunięcie fazy: cos φ wynosi ok. 0,5. Przy użyciu kondensatora włączonego równolegle do rury wzrasta jednak cos φ do 0,87, a w układzie 2 rur nawet do 0,97.

W p ł y w w a h a ń n a p i ę c i a s i e c i n a z a c h o w a n i e s i ę l a m p y. Strumień świetlny zmienia się w przybliżeniu proporcjonalnie do drugiej potęgi napięcia (w żarówkach do czwartej), całkowita moc brutto (to znaczy wraz ze stabilizatorem) w pierwszym przybliżeniu proporcjonalnie do potęgi 2,5 zależnie od układu połączeń i typu stabilizatora. Z tego wynika, że sprawność całego układu zmienia się mniej więcej odwrotnie proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego z napięcia. Gdy więc napięcie spada, sprawność lekko wzrasta i odwrotnie. Sprawność samej rury — bez stabilizatora — prawie nie zmienia się przy zmianie napięcia. Napięcie rury wskutek ujemnej charakterystyki wzrasta przy zmniejszeniu napięcia sieci, stosunek napięcia rury do napięcia stabilizatora przesuwa się więc wtedy na korzyść rury.

8. Sprzęt i układy połączeń.

Zwykle używa się rur fluoryzujących w trzech różnych układach (rys. 3): a) rura z dławikiem (cos φ ok. 0,5, max. zjawiska stroboskopowego ok. 100%), b) rura z dławikiem i kondensatorem (cos φ ok. 0,87, maksymum zjawiska stroboskopowego ok. 100%), c) para rur, z których jedna z dławikiem i w szereg włączonym kondensatorem, druga tylko ze zwykłym dławikiem (cos φ około 0,97, maksymum zjawiska stroboskopowego kilka do kilkunastu procentów). Układ ten jest nie tylko lepszy, ale i tańszy niż dwie nie sprzężone rury z dławikami i kondensatorami, jak pod b).

Istnieją najrozmaitsze mniej ważne układy połączeń np. 3 lub 4 rur. Zmniejszenie zjawiska stroboskopowego da się także osiągnąć przez włączenie sąsiadujących ze sobą 2 lub 3 rur do różnych faz układu trójfazowego.

S t a b i l i z a t o r y. Z powyższego wynika, że potrzebne są trzy rodzaje stabilizatorów, których typy wynikają z rys. 3.

O p r a w k i. Rury fluoryzujące z katodą podgrzewaną obecnie produkowane mają prawie wyłącznie dwukołkowe trzonki typu amerykańskiego. Dawne europejskie trzonki z bocznymi kołkami wyszły prawie zupełnie z użycia. Są znormalizowane oprawki takiej konstrukcji, że wsuwa się rurę (w kierunku prostopadłym do osi rury) równocześnie w obie oprawki i obraca się ją o 90°, co daje rurze zabezpieczenie przed wypadnięciem i równocześnie wytwarza styk wszystkich 4 kołków z doprowadzeniami prądu w oprawce.

Z a p ł o n n i k można umieścić osobno na specjalnej podstawce, bądź też zmontować go za pomocą zakleszczonych lub zlutowanych przewodów np. na stabilizatorze lub w stojaku. Pierwszy sposób jest stanowczo lepszy, gdyż pozwala zmontować zapłonnik w dostępnym miejscu i jednym ruchem wyjąć go do kontroli lub wymiany.



Rys. 5. Sprzęt rury fluoryzującej
a Stabilizator (z kondensatorem) bez osłony
b Stabilizator w chwili zakładania osłony
c Oprawka zmontowana na stojaku
d Zapłonnik
e Podstawka zapłonnika.

P o d s t a w a. Najprostszym sposobem przymocowania rury jest osadzenie dwóch klocków na ścianie lub w suficie i przyśrubowanie do nich oprawek. Jednak w tym przypadku stabilizator jest widoczny, a system zawieszania jest prymitywny. Trudności sprawia też poprowadzenie przewodów. Ponieważ czasem używa się gołych rur pojedyńczo lub parami, lub nawet całymi podłużnymi seriami, dołączając rurę do rury i otrzymując w ten sposób praktycznie ciągły pas światła, zbudowano różne podstawy dla rur do umieszczenia na ścianach lub suficie. Mogą to być np. blachy prasowane w formie bardzo płaskiego U lub litery V otworem ku ścianie. W tym ostatnim przypadku można łatwo w podstawie ukryć stabilizator.

S t o j a k i. Przy użyciu rur bez opraw (reflektorów) zwykle wysokość oprawki nie wystarcza i trzeba użyć stojaków. Rys. 5 a, b, c, d, e — zaczerpnięte z katalogu Philipsa — podają widok stabilizatora (z wbudowanym kondensatorem) bez osłony i w trakcie zakładania osłony, oprawki zmontowanej na stojaku tudzież zapłonnika i jego podstawki.

O p r a w y (r e f l e k t o r y) zwykle na jedną rurę lub dwie równoległe rury są — zależnie od celu najrozmaitszych typów — do bezpośredniego, półpośredniego i pośredniego oświetlenia. Różnią się od reflektorów żarówkowych poza podłużnym kształtem tym, że niekonieczne są osłony ze szkieł matowych lub mlecznych dla zmniejszenia jaskrawości. W Ameryce są też stosowane zespoły składające się z żarówki (np. na 100 do 150 W) i rury fluoryzującej w kształcie pierścienia okalającej żarówkę — wszystko to schowane pod abażurem.

9. Widoki rozwoju rur fluoryzujących.

Są wszelkie powody do przypuszczenia, że uda się jeszcze znacznie zwiększyć sprawność rur fluoryzujących. Zjawisko stroboskopowe przy układzie pary rur nie gra roli. Jeżeli uda się uprościć stabilizatory i resztę sprzętu wzgl. obniżyć jego koszty, co jest bardzo prawdopodobne, a za granicą już jest w toku, to trudno oprzeć się przypuszczeniu, że rura fluoryzująca stanie się w niedalekiej przyszłości najważniejszym i powszechnie używanym źródłem światła.

Z a s t o s o w a n i e r u r f l u o r y z u j ą c y c h d o o ś w i e t l e n i a z e w n ę t r z n e g o. Podobnie jak szereg typów lamp sodowych i rtęciowych umieszcza się w specjalnych naczyniach próżniowych, jest rzeczą prawdopodobną, że uda się opracować odpowiednie niedrogie osłony znacznie zmniejszające wpływ temperatury i wiatru na pracę rur fluoryzujących i na zapłon, co umożliwi użycie ich do oświetlenia zewnętrznego także w naszym klimacie.

G r a n i c e s p r a w n o ś c i r u r f l u o r y z u j ą c y c h. Równoważnik świetlny energii elektrycznej wynosi ok. 660 lm/W, to znaczy, że jeżeli udałoby się nam zamienić energię elektryczną w całości bez strat na promieniowanie o długości fali 5550 Å, przypadające na maksymum wrażliwości oka ludzkiego (adaptowanego na jasne światło), otrzymalibyśmy z 1 wata strumień świetlny 660 lm. Tego rodzaju zielono-żółtawe światło nie nadawałoby się do celów ogólnego oświetlenia. Jeżeli chcielibyśmy otrzymać białe światło (to znaczy, praktycznie mówiąc, promienie o równym rozkładzie energii w granicach od ok. 4350 do ok. 6850 Å), należy po prostu splanimetrować krzywą wrażliwości oka ludzkiego w tych granicach i porównać z prostokątem w wysokości jej maksymum (przy 5550 Å), wychodząc z założenia, że promieniowanie białe jest to promieniowanie o równej energii dla każdego widzialnego zakresu długości fal. Wynik daje „sprawność fotometryczną" $\eta_f = 0{,}43$.

W rzeczywistości energia wypromieniowana np. przez wyrabiane obecnie rury o świetle białym jest rozłożona w ten sposób, że na oba skrajne skrzydła widocznego widma wypada dużo mniejsze natężenie energii niż na część środkową (wprawdzie nieco energii traci się na promienie niewidzialne). Na przyszłość możemy liczyć na $\eta_f = 0{,}5$ i więcej.

Jak już zaznaczono w rozdz. 4, trzeba uwzględnić sprawność energetyczną składającą się ze sprawności kwantowej, którą możemy przyjąć na $\eta_k = 0{,}95$ (ilość kwantów wysyłanych przez ciało fluoryzujące w stosunku do ilości kwantów otrzymanych) i ze sprawności falowej, którą możemy przyjąć (jak wynika z tamtego rozdziału) na $\eta_\lambda = 0{,}45$ (stosunek średniego ładunku energii jednego kwanta wysłanego do ładunku jednego kwanta otrzymanego). Z 1 wata wypromieniowanej mocy o długości fali 2537 Å możemy więc w korzystnych warunkach osiągnąć $660 \text{ lm} \cdot \eta_k \cdot \eta_\lambda \cdot \eta_f = 660 \text{ lm}. 0{,}95 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}5 = 141 \text{ lm}.$

Jednak nie cała doprowadzona do rury świetlącej energia elektryczna zamienia się w energię promienistą o długości fali 2537 Å, gdyż są straty:

a) straty na ogrzanie elektrod — obecnie przeszło 20% energii pobranej;

b) straty w samym wyładowaniu(np. katodowy spadek napięcia), objawiające się w zamianie części energii wyładowania na ciepło. Obecnie więcej niż 30% energii pobranej zamienia się w ten sposób w ciepło.

Poza tym przeszło 2% energii promienistej powstaje wewnątrz rury od razu jako światło widoczne (a nie pozafioletowe); oczywiście, ta część energii nie jest stracona.

W promieniowanie o fali 2537 Å zamienia się obecnie ok. 45 do 60% energii przez rurę pobranej. Jeżeli w przyszłości potrafimy tę część podnieść na 70%, otrzymamy c a ł k o w i t ą s p r a w n o ś ć r u r y o k o ł o 141 lm/W. $0{,}7 \cong 100$ lm/W.

Obecnie stabilizator (dławik i kondensator) pochłania średnio ok. 20% energii pobieranej przez rurę. Jeżeli i tę pozycję uda nam się zniżyć na 15 do 12%, otrzymamy całkowitą sprawność rury łącznie z jej sprzętem równą ok. 85—90 lm/W, i to jest — zdaniem autora — granica niełatwa do osiągnięcia, ale realna. Oczywiście takie zdwojenie sprawności wymagać będzie szeregu lat pracy.

R o z w ó j t r w a ł o ś c i r u r f l u o r y z u j ą c y c h. Rury fluoryz. o gorącej katodzie, które przy wyłączaniu co 3 godziny świecą ok. 2 500 godzin, przy wyłączaniu co 12 godzin przedłużają swój żywot do 6000 godzin. Zużywa się przede wszystkim masa emisyjna katod i trudno jest przewidywać, jaki postęp zostanie osiągnięty w tej dziedzinie. Ale ponieważ zjawisko to — w przeciwieństwie do parowania i przepalania się drutu wolframowego w żarówkach — nie jest bezpośrednio związane z samym świeceniem się lampy, lecz zależy głównie od przebiegu zapłonu, można liczyć z pewnością na znaczny postęp także w tej dziedzinie.

10. Fabrykacja rur fluoryzujących w Polsce.

Rury fluoryzujące produkcji krajowej ukazały się w handlu już w drugiej połowie roku bieżącego. Wytwórczość własna stale będzie wzrastać, lecz większego jej rozwoju można oczekiwać dopiero w drugiej połowie 1950 r. Na razie są produkowane typy najważniejsze, to znaczy rury na 25 i 40 W w trzech kolorach światła.

Polski przemysł przygotowuje się także do produkcji sprzętu łącznie z oprawami (reflektorami).

Już obecnie daje się zauważyć wielkie zainteresowanie nową lampą. Niestety w pierwszym czasie napewno popyt znacznie przewyższy podaż. Jednak w ramach 6-letniego planu *) przewidziano odpowiednie pomieszczenia, maszyny i urządzenia produkcyjne, kontrolne i badawcze, które umożliwią rozwinięcie tej produkcji i postawienie jej na wysokim poziomie jakościowym i ilościowym.

11. Znaczenie gospodarcze rur fluoryzujących.

Duża sprawność rur fluoryzujących powoduje wielkie oszczędności przy ich użyciu w stosunku do oświetlenia żarówkami tak na odcinku zużycia energii elektrycznej, jak i na odcinku inwestycji elektrycznych (budowy elektrowni i linii), określanych zimowymi szczytami obciążenia.

O s z c z ę d n o ś ć w i n w e s t y c j a c h e n e r g e t y c z n y c h. Biorąc dla porównania z jednej strony sprawność rury fluoryzującej białej na 40 W, wraz z dławikiem, do włączenia na sieć 220-woltową, z drugiej strony średnią między sprawnością żarówki na 220 V — 40 W i żarówki na 220 V — 150 W, otrzymujemy w myśl rozdz. 2 następujące sprawności:

44 lm/W dla rury fluoryzującej (czyli 0,0227 W/lm),
12,25 lm/W dla żarówki (czyli 0,0816 W/lm).

Różnica wynosi więc na korzyść rury 0,0589 W/lm, w zaokrągleniu 0,06 W/lm.

Zainstalowana obecnie w Polsce światłość jest rzędu 20 miliardów lumenów. Jeżeli udałoby się z czasem zastąpić połowę tych „lumenów żarówkowych" przez „lumeny rur świetlących", zaoszczędzilibyśmy

$$10^{10} \cdot 6.10^{-2} \cdot 10^{-3} = 6.10^{5} \text{ kW}.$$

Ponieważ jednak nie wszystkie lampy świecą równocześnie, więc przyjmując współczynnik równoczesności = 0,5 otrzymujemy jako oszczędność szczytowej mocy elektrowni około 300 megawatów. Licząc koszt zainstalowania 1 megawata równy 50 mln. złotych, otrzymujemy oszczędność w inwestycjach energetycznych równą 15 miliardom złotych.

O s z c z ę d n o ś ć w z u ż y c i u e n e r g i i e l e k t r y c z n e j i w ę g l a. Jeżeli przyjmiemy roczny czas

*) Por. G e r s o n S z. Nowe asortymenty w planie 6-letnim produkcji przemysłu elektrotechnicznego. PE, 1949, z 7/8, str. 183. (Przyp. red.).

świecenia żarówki na 1000 godzin, otrzymamy oszczędność roczną energii elektrycznej 0,6.10[6] kW. 10[3] h = 0,6 mlrd. kWh czyli ok. 8% obecnego zużycia energii elek-

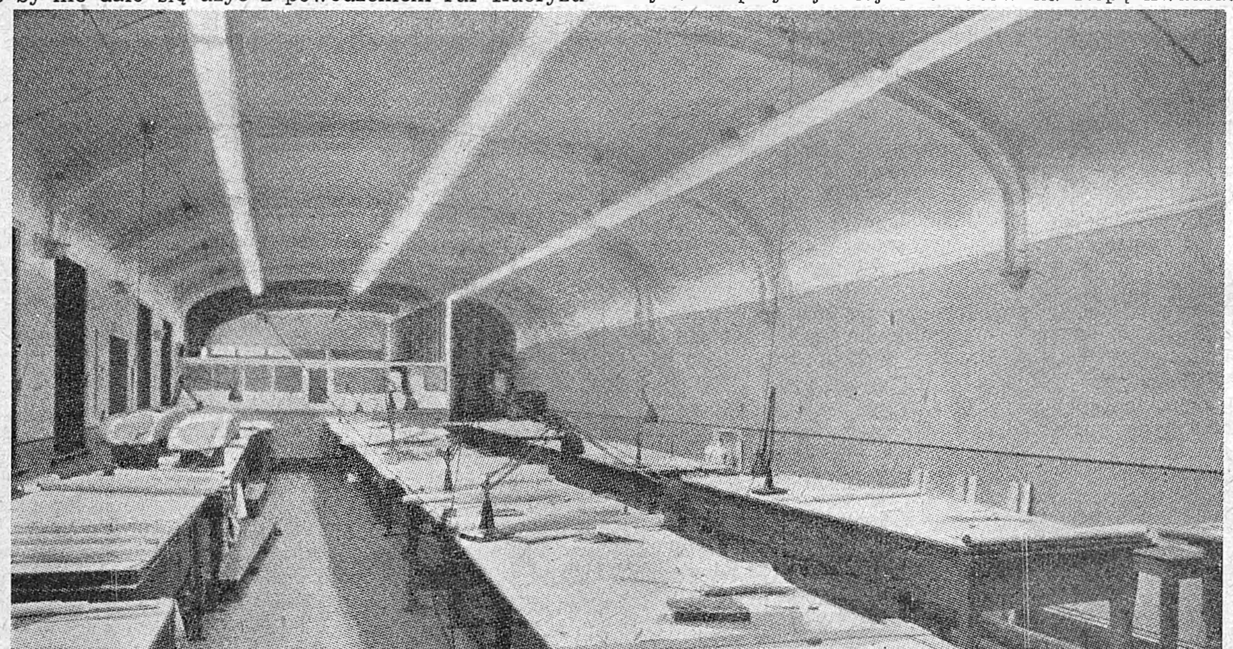


Rys. 6. Oświetlenie większej hali fabrycznej poprzecznymi nieprzerywanymi rzędami koryt; jasność ponad 300 lx

trycznej w Polsce. Przy zużyciu węgla w ilości 1 kg/kWh dałoby to 0,6 mln. t rocznej oszczędności węgla.

12. Zastosowanie i stosowanie rur fluoryzujących.

Nie ma prawie wypadku oświetlenia wewnętrznego, gdzie by nie dało się użyć z powodzeniem rur fluoryzu-



Rys. 7. Kreślarnia oświetlona podłużnymi nieprzerywanymi rzędami

jących. Także w oświetleniu ulicznym (np. w Anglii) zaczynają one grać coraz większą rolę.

J a s n o ś ć. Polskie przedwojenne normy jasności (PNO/122, PNE/44) powtórzone w Kalendarzyku Elektrotechnicznym z r. 1948 *) odzwierciadlają w pewnym stopniu obecny stan naszego oświetlenia, choć często nie są u nas osiągane. Tak np. dla hal montażowych podaje się 20—30 lx, dla odlewni i walcowni nawet 10—20 lx. Angielska ustawa z r. 1941 nakazuje, aby oświetlenie pracowni mierzone poziomo na wysokości 3 stóp (ok. 90 cm) wynosiło przynajmniej 6 lumenów na stopę kwadratową

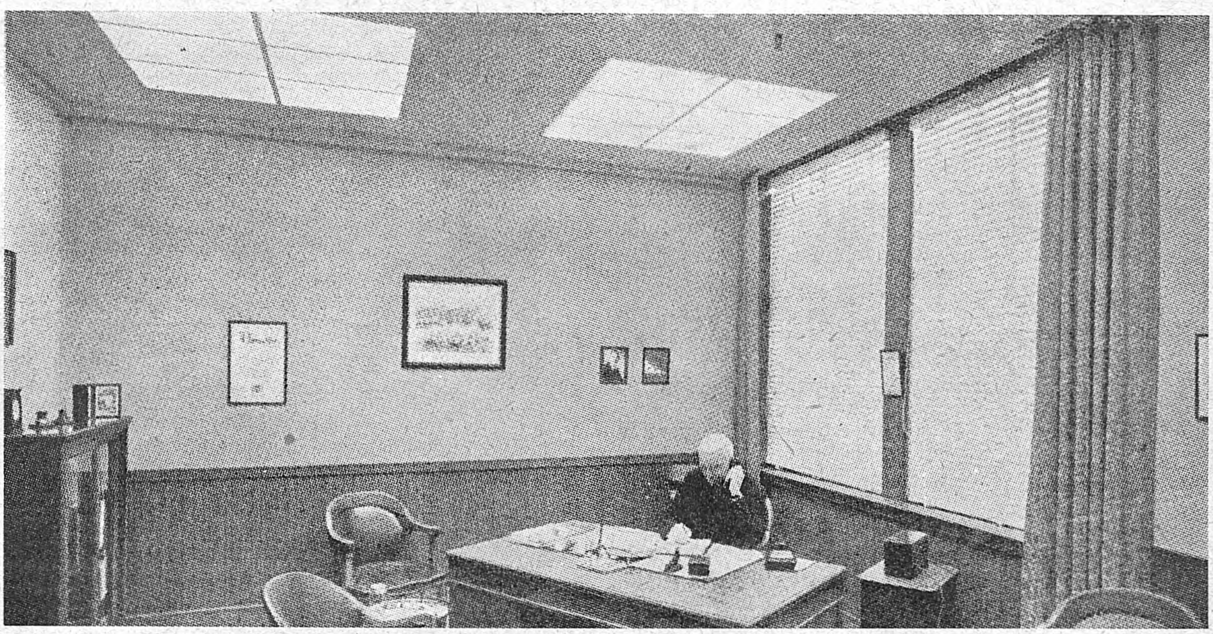
*) Nowe polskie normy jasności znajdują się w końcowym stadium opracowania. (Przyp red.).

czyli 65 luksów. Oczywiście fabryki nie poprzestają na tej w ich pojęciu najgorszej jasności. Amerykanie doszli na podstawie bardzo szczegółowych, szereg lat trwających lekarskich i technicznych badań do dwu wniosków:



Rys. 8. Sala biurowa; odległość między rzędami 1,3 m; dodatkowe lampy z lewej strony kompensują stratę przez okna

a) małe zwiększenie jasności nie daje istotnych korzyści, wobec czego ustanowili stopnie jasności, z których każdy jest przynajmniej dwukrotnie wyższy od poprzedniego;



Rys. 9. Gabinet (4,6 m × 4,9 m) oświetlony czterema oprawami (po 400 W) wbudowanymi w sufit; jasność około 1000 lx

b) najlepsze warunki pracy stwarza się przy jasności odpowiadającej pełnej jasności południowego światła dziennego (nie bezpośrednich promieni słonecznych). Wynosi to kilka do kilkunastu tysięcy luksów.

W praktyce Amerykanie polecają następujące stopnie jasności (przeliczone z „footcandles" na luksy i zaokrąglone): 55—110—215—550—1100—2150—5500—11 000 lx. Z tego niższe stopnie — do najwyżej 1100 lx — traktują jako oświetlenie ogólne, podczas gdy jasność od 550 do 11 000 lx osiąga się przez dodatkowe oświetlenie miejsc pracy. Najniższy stopień (55 lx) Amerykanie przeznaczają do oświetlenia schodów, korytarzy, składów i t. p. miejsc. Jasność 215 lx przeznaczona jest dla ordynarnej ślusarki i obsługi maszyn, dla pracy zaś ręcznej i obsługi maszyn średniej dokładności przeznaczono 550 lx. Ogólnie amerykańskie normy oświetlenia są 10 do 20 razy wyższe niż u nas.

Ze względu na ograniczoną moc naszych elektrowni nie stać nas obecnie na znaczne zwiększenie norm oświetlenia przy użyciu żarówek. Stać nas jednak na 4—5-krotne zwiększenie jasności przy użyciu rur fluoryzują-

cych, przy czym wprawdzie nie oszczędzimy obliczonych w poprzednim ustępie sum na inwestycjach energetycznych i zużyciu energii elektrycznej, ale za to oszczędzimy dużo większe kwoty przez poprawę warunków pracy. Dotyczy to przede wszystkim pracy dwu- i trzyzmianowej oraz miejsc pracy niedostatecznie w dzień oświetlonych. Tam więc, gdzie instalujemy rury fluoryzujące należy stosować znacznie wyższe normy jasności niż dotychczas, np. w fabrykach ok. 100—500 lx (średnio 200 lx).

Olśnienie. Jakkolwiek rury fluoryzujące stosuje się niekiedy bez osłon, gdyż posiadają one tę samą mniej więcej jaskrawość, co żarówki w osłonach kulistych ze szkła mlecznego, to jednak tam, gdzie ma być długotrwała wytężona praca, a więc np. w fabrykach i biurach, należy osłaniać je dla uniknięcia olśnienia. Trzeba pamiętać, że przy użyciu rur fluoryzujących będziemy przypuszczalnie w myśl powiedzianego wyżej mieli znacznie wyższe jasności niż dotychczas i że wprowadzenie rur fluoryzujących powinno być postępem nie tylko pod względem sprawności i jasności, ale także pod względem olśnienia, koloru światła i jego równomierności.

Na ogół żąda się, aby kąt ochronny, to znaczy kąt linii wzroku z płaszczyzną poziomą, pod którym patrząc na oprawę nie widzimy jeszcze samej rury, wynosił conajmniej przy położeniu:

	w poprzek rury	wzdłuż rury
w fabrykach	15—20°	—
w sklepach	25°	15°
w biurach	45°	30°

Rozkład oświetlenia. Rury fluoryzujące nadają się b. dobrze do osiągnięcia doskonałego oświetlenia bez olśnień (także pośrednich), silnych kontrastów, cieni, nierównomierności. Da się to jednak uzyskać tylko przez staranne zaprojektowanie przez fachowca.

Najpopularniejszym typem oprawy jest reflektor korytkowy wewnątrz emaliowany lub biało lakierowany, silnie rozpraszający i tak na czołach ukształtowany, że można dosuwać jedną oprawę do drugiej z bardzo małą przerwą świetlną. Często reflektory te nie posiadają ścianek czołowych, tak że oprawki dwóch rur stykają się. Powstają w ten sposób pasy świetlne bardzo często używane np. w oświetleniu fabryk. W wielkich pomieszczeniach częściej stosuje się pasy poprzeczne niż podłużne. Odległość pasów wzgl., jeżeli stosuje się przerywane linie lamp, odległość od środka do środka lampy tak w kierunku osiowym, jak i poprzecznym powinna być dla otrzymania równomiernego oświetlenia nie większa, a przy wielkich wysokościach nie dużo większa, niż wysokość zawieszenia nad stołem; wynosi więc w praktyce około 2,5—7 m. Przy wielkich wysokościach lub przy wielkich jasnościach używa się opraw dwu- lub nawet trzyrurowych (w Ameryce często z rurami 100-watowymi). Dla bardzo równomiernego oświetlenia używa się przerywanych rzędów w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach. Zmniejsza się między innymi w ten sposób do minimum poświatę na polerowanych walcowych przedmiotach metalowych, kładzionych w różnych kierunkach na stołach roboczych.

W biurach i sklepach używa się często opraw wbudowanych w sufit i licujących z nim płaską mleczną lub matową szybą, albo też rur ukrytych za małym gzymsem np. w liniach przecięcia ścian z sufitem, niewidocznych dla oka, rzucających na sufit światło pośrednie.

Rys. 6, 7, 8 i 9, zaczerpnięte z książki Atkinsona *), podają kilka przykładów wykonanego oświetlenia.

13. Zakończenie.

Wprowadzenie rur fluoryzujących zapoczątkowało nowy okres w historii oświetlenia. Jak się zdaje, posunęliśmy się dość daleko na drodze do stworzenia źródła światła o innym niż dotychczas poziomie sprawności, trwałości, jaskrawości i o prawie nieograniczonych możliwościach dobierania barwy światła. Jeżeli uda się stworzyć równomierny szereg mniej więcej do 150—200 W i obniżyć znacznie koszt sprzętu, w szczególności stabilizatorów, należy się liczyć z zastąpieniem żarówek przez rury fluoryzujące w przeważającej części dziedzin oświetlenia. Nie będzie więc chyba przesadą twierdzenie, że rozpoczęła się rewolucja oświetleniowa.

*) A. D. S. Atkinson: Fluorescent lighting, 3 wydanie, Londyn, Newnes Ltd, 1948 r.

INŻ. T. OLESZYŃSKI
(GIEI)

Fotometria rur fluoryzujących

Treść. Obliczanie jasności wytwarzanej przez lampę fluoryzującą, która jest źródłem światła znacznie odbiegającym od źródła punktowego. Pomiar światłości lamp fluoryzujących. Obliczanie strumienia świetlnego tych lamp. Wskazówki, których należy przestrzegać przy fotometrowaniu lamp fluoryzujących.

Фотометрирование флуоресцентных ламп. Расчет освещенности получаемой от флуоресцентной лампы, которая существенно отличается от точечного источника света. Измерение силы света флуоресцентной лампы и подсчет светового потока этой лампы. Правила, которые следует соблюдать при фотометрировании флуоресцентных ламп.

Fluorescent Tubular Lamp Photometry. Computation of the luminous intensity generated by a fluorescent tubular lamp which is a light source considerably divergent from a punctiform source. Measuring the luminous intensity of fluorescent tubular lamps. Computation of the luminous flux of these lamps. Recommendations to be adhered to in fluorescent tubular lamp photometry.

1. Wstęp.

Nowe źródło światła — lampa fluoryzująca, które znajduje coraz szersze zastosowanie i skutecznie konkuruje z żarówką elektryczną, postawiło nowe zagadnienia przed miernictwem oświetleniowym.

Podstawowe prawo fotometrii — prawo odwrotności kwadratów — opiera się na założeniu punktowego źródła światła. W odniesieniu do gołych żarówek i normalnie stosowanych odległości między fotometrowanym źródłem światła i fotometrem prawo to mogło być stosowane, gdyż błąd wynikający ze skończonych wymiarów źródła światła był bardzo mały. Przy fotometrowaniu lamp zaopatrzonych w oprawy oświetleniowe, których wymiary są już dość znaczne, błąd powstający z „niepunktowości" źródła badanego da się określić wzorem:

$$\delta = \left(\frac{D}{2R}\right)^2 \cdot 100\ \%,$$

w którym D jest średnicą źródła badanego (oprawy), a R odległością fotometrowania. Tak więc dla oprawy o średnicy $D = 50$ cm i odległości fotometrowania $R = 2$ m błąd ten wyniesie

$$\delta = \left(\frac{0,5}{2 \cdot 2}\right)^2 \cdot 100 = 1,56\%.$$

Przy odległości fotometrowania $R = 1$ m błąd wyniósłby

$$\delta = \left(\frac{0,5}{2 \cdot 1}\right)^2 \cdot 100 = 6,25\%,$$

a przy oprawie o średnicy 1 m fotometrowanej z odległości 1 m

$$\delta = \left(\frac{1}{2 \cdot 1}\right)^2 \cdot 100 = 25\%.$$

W odniesieniu do lamp fluoryzujących, których wymiary są znaczne (długość $L = 0,5 — 1,5$ m), nie można zatem stosować bez ograniczeń prawa odwrotności kwadratów, gdyż powstały stąd błąd może być bardzo znaczny.

2. Jasności oświetlenia lampami fluoryzującymi.

Źródło światła świecące według prawa Lamberta ma światłość kierunkową

$$I_\alpha = I_0 \cos \alpha,$$

a jego jaskrawość jest

$$B_\alpha = \frac{I_\alpha}{f \cdot \cos \alpha} = \frac{I_0 \cos \alpha}{f \cdot \cos \alpha} = \frac{I_0}{f} = B_0 = \text{const.}$$

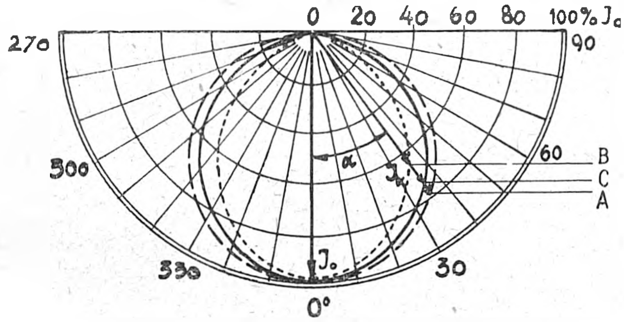
Lampa fluoryzująca świeci w przybliżeniu tak, jak ciało doskonale rozpraszające, tzn. według prawa Lamberta, jednak światłości w miarę wzrostu kąta α maleją nieco szybciej, niżby to wynikało z prawa cosinusa.

Rys. 1 podaje krzywe światłości określone zależnościami

A: $I_\alpha = I_0 \cos\alpha$ (prawo Lamberta)

B: $I_\alpha = I_0 \cos^2\alpha$

oraz krzywą wypośrodkowaną z wielu pomiarów dla lamp



Rys. 1. Krzywe światłości

A: $I_\alpha = I_0 \cos\alpha$; $(B_\alpha = \text{const.})$

B: $I_\alpha = I_0 \cos^2\alpha$; $(B_\alpha = B_0 \cos\alpha)$

C: lampa fluoryzująca.

fluoryzujących różnych typów i leżącą między obu pierwszymi krzywymi. Jej równanie da się ująć wzorem

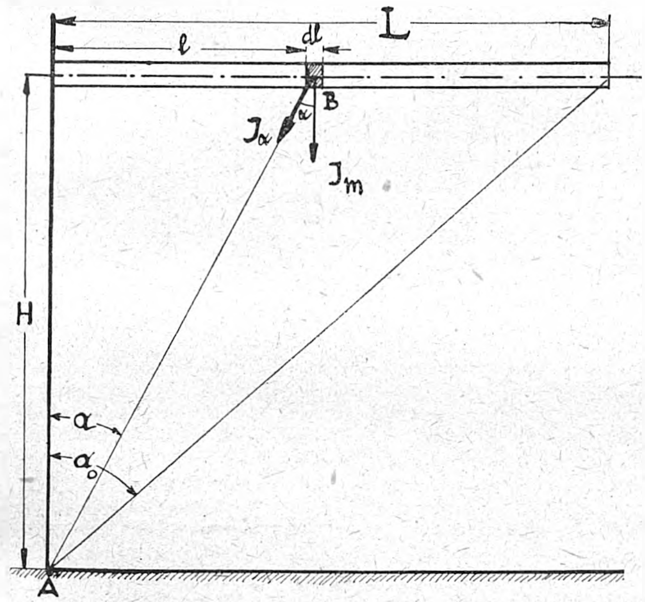
$$C:\quad I_\alpha = I_0\,(a\cos\alpha + b\cos^2\alpha),$$

gdzie a i b są stałymi dla danego typu lampy przy czym $a + b = 1$.

Jaskrawość lampy stosownie do tego wzoru będzie

$$B_\alpha = B_0\,(a + b\cos\alpha).$$

Dla różnego typu lamp fluoryzujących wartość b waha się w granicach 0,4 — 0,5 [1]. Jeżeli pominiemy to nieznaczne odchylenie od prawa Lamberta i założymy, że lampa fluoryzująca ma stałą jaskrawość B, to światłość największa odcinka lampy o średnicy d cm i długości 1 cm (rys. 2) będzie



Rys. 2. Jasność w punkcie A od lampy fluoryzującej

$$I_m = B \cdot d.$$

Światłość elementu rury o długości dl pod kątem α do prostopadłej do osi rury będzie

$$I_\alpha = I_m \cdot dl \cdot \cos\alpha.$$

Ponieważ

$$l = H \cdot \operatorname{tg}\alpha \quad \text{i} \quad dl = \frac{H \cdot d\alpha}{\cos^2\alpha},$$

więc

$$I_\alpha = I_m \cdot \frac{H\,d\alpha}{\cos\alpha}.$$

Jasność panująca w punkcie A na prostopadłej, opuszczonej z końca lampy w odległości H od osi lampy, i pochodząca od elementu lampy będzie

$$dE = \frac{I_\alpha}{AB^2}\cos\alpha = \frac{I_m\,H d\alpha}{AB^2}.$$

Ponieważ

$$AB = \frac{H}{\cos\alpha},$$

to

$$dE = \frac{I_m}{H}\cos^2\alpha \cdot d\alpha = \frac{I_m}{H} \cdot \frac{1 + \cos 2\alpha}{2}\,d\alpha,$$

co po scałkowaniu w granicach dla α od 0 do α_0 daje

$$E = \frac{I_m}{H}\left(\frac{\sin 2\alpha_0}{2} + \alpha_0\right) = \frac{I_m}{H}\left(\sin\alpha_0\cos\alpha_0 + \alpha_0\right)$$

lub

$$E = \frac{I_m}{2H}\left(\frac{L \cdot H}{L^2 + H^2} + \operatorname{arc\,tg}\frac{L}{H}\right),$$

gdzie L oznacza całkowitą długość rury.

Jasność panująca w punkcie, leżącym na prostopadłej spuszczonej ze środka lampy o długości $2L$ będzie dwukrotnie większa:

$$E = \frac{I_m}{H}\left(\frac{LH}{L^2 + H^2} + \operatorname{arc\,tg}\frac{L}{H}\right).$$

Gdybyśmy dla tego przypadku zastosowali prawo odwrotności kwadratów, otrzymalibyśmy jasność

$$E' = \frac{I_m \cdot 2L}{H^2} = \frac{2I_m}{H} \cdot \operatorname{tg}\alpha_0.$$

Popełniony w ten sposób błąd wyniesie

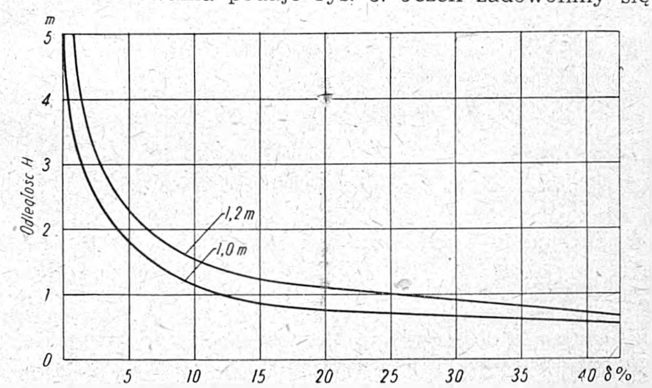
$$\delta = \frac{E - E'}{E} = \frac{\left(\frac{\sin 2\alpha_0}{2} + \alpha_0\right) - 2\operatorname{tg}\alpha_0}{\frac{\sin 2\alpha_0}{2} + \alpha_0} =$$

$$= 1 - \frac{2\operatorname{tg}\alpha_0}{\alpha_0 + \sin\alpha_0\cos\alpha_0} = 1 - \frac{\frac{2L}{H}(L^2 + H^2)}{\alpha_0(L^2 + H^2) + LH}.$$

Ostatecznie błąd pochodzący z założenia, że lampa fluoryzująca jest punktowym źródłem światła, wyrazi się wzorem

$$\delta = 1 - \frac{2L\,(L^2 + H^2)}{\alpha_0 H\,(L^2 + H^2) + LH^2}.$$

Wielkość błędu δ w zależności od długości rury i odległości fotometrowania podaje rys. 3. Jeżeli zadowolimy się



Rys. 3. Wartość błędu $\delta\%$ w zależności od odległości fotometrowania dla rur fluoryzujących długości 1 m i 1,2 m

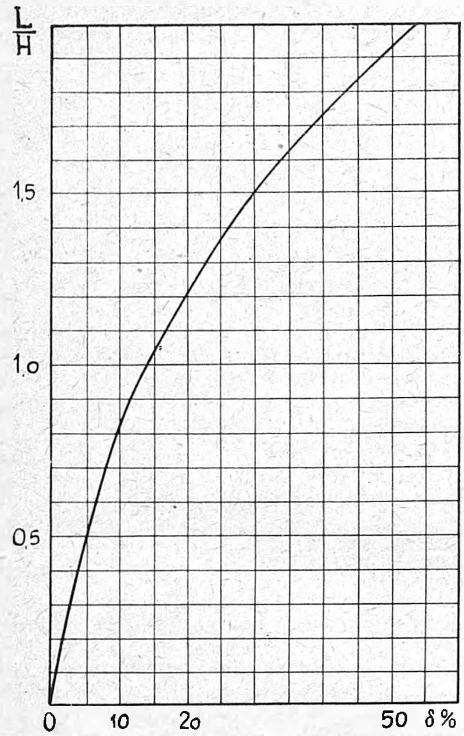
dokładnością 5%, osiąganą przy pomiarach wykonanych instalacji przy użyciu luksomierzy z ogniwem fotoelektrycznym, wystarcza dokonać pomiarów z odległości ok. 2,1 m dla lamp o długości 1,2 m i ok. 1,8 m dla lamp długości 1 m. Na rys. 4 podana jest krzywa $\delta = f\left(\frac{L}{H}\right)$.

3. Pomiar światłości lamp fluoryzujących.

Jeżeli przyjmiemy, że jaskrawość lampy fluoryzującej jest stała (prawo Lamberta), to dla rury o długości L i średnicy d światłość wyrazi się wzorem

$$I = B \cdot s = B \cdot L \cdot d.$$

W rzeczywistości jaskrawość rury na całej długości nie jest stała (ciemne końce) jak również rozkład jej nie odpowiada ściśle prawu Lamberta. Różnicę można skorygować przez wprowadzenie współczynnika poprawkowego λ.



Rys. 4. Wartość błędu $\delta\%$ w zależności od stosunku długości lampy do odległości fotometrowania

Jeżeli całą rurę podzielimy na n elementów równych i dostatecznie małych, dla których można przyjąć B = const., to światłość takiego elementu o długości $\frac{L}{n}$ będzie $i = B_i \frac{L}{n} \cdot d$, a światłość całej rury fluoryzującej o długości L

$$I = \sum_{o}^{n} B_i \frac{L}{n} d.$$

Jeżeli przez B_o oznaczymy jaskrawość mierzoną w środku, współczynnik λ określa się z zależności

$$I = \sum_{o}^{n} B_i \frac{L}{n} \cdot d = B_o L d \lambda$$

czyli

$$\lambda = \frac{\Sigma_o^n B_i}{n \cdot B_o}.$$

Współczynnik λ powinien być obliczony z dokładnością co najmniej 0,5%. Jego wartość średnia dla lamp o długości 1 m wynosi średnio 0,95.

Dla wyznaczenia B_o podzielmy całą lampę fluoryzującą na odcinki o długości 1 cm. Powierzchnia pozorna takiego elementu może być uważana za prostokąt doskonale rozpraszający.

Obliczmy teraz błąd powstający przy różnych odległościach fotometrowania i przy szerokości elementu 38 mm (normalna średnica rury dla lamp fluoryzujących typu europejskiego). Jeżeli B jest jaskrawością takiego elementu, to jasność wywołana na odległość H będzie

$$E = 2B(\beta_1 \sin \alpha_1 + \beta_2 \sin \alpha_2),$$

gdzie $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1$ i β_2 oznaczają kąty podane na rys. 5, NO zaś jest prostopadłą do świecącego elementu.

Przyjmując, że jasność jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości, otrzymalibyśmy

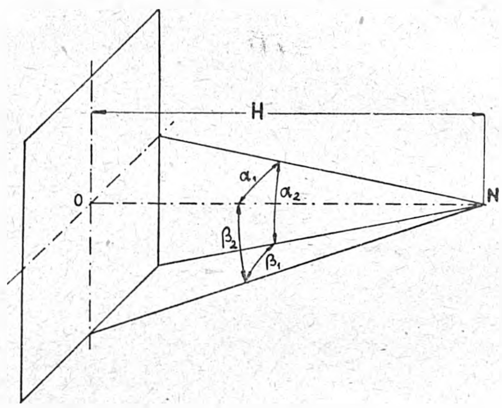
$$E' = B \, tg\alpha_1 \, tg\alpha_2,$$

a wówczas błąd popełniony przy pomiarze E wyniesie

$$\delta' = 1 - \frac{tg\alpha_1 \cdot tg\alpha_2}{2(\beta_1 \sin \alpha_1 + \beta_2 \sin \alpha_2)}.$$

Rys. 6. przedstawia δ' w funkcji odległości fotometrowania H_m i wskazuje, że dla lampy o średnicy 38 mm odległość ta musi wynosić 23 cm, jeśli δ' ma być mniejsze od 0,5%. Wynik ten jest interesujący ze względu na fakt, że średnia światłość elementu rury wynosi zaledwie 1 świecę.

Przy zwykłych pomiarach możemy przyjąć, że jaskrawość w płaszczyźnie prostopadłej do osi rury jest stała w

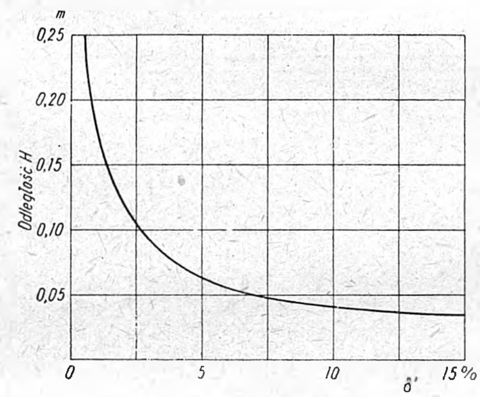


Rys. 5. Obliczenie jasności od elementu świecącej powierzchni

różnych kierunkach, gdyż wahania wynoszą najwyżej ± 2%. Przy pomiarach bardzo dokładnych należy jednak wprowadzić do wzoru na λ średnią wartość jaskrawości mierzonej w poszczególnych płaszczyznach prostopadłych do osi lampy badanej.

4. Obliczanie strumienia świetlnego rur wzorcowych.

Jeśli powierzchnia rury odpowiadałaby prawu Lamberta, można by ją uważać za liniowe źródło światła długości L o światłości I_m na jednostkę powierzchni i wówczas



Rys. 6. Wartość błędu $\delta'\%$ w zależności od odległości fotometrowania 1 cm bieżącego rury fluoryzującej o średnicy 38 mm

$$\Phi_o = \pi^2 I_m L$$

czyli, jeśli B_o jest jaskrawością, wartość strumienia wyrazi się wzorem:

$$\Phi_o = \pi^2 \cdot d \cdot B_o L.$$

Z praktyki wiemy, że krzywa światłości odcinka rury wykazuje na ogół wartości mniejsze niż w wypadku zastosowania prawa Lamberta, z drugiej zaś strony wiemy również, że krzywe światłości dla poszczególnych typów lamp są prawie identyczne. Podzielmy więc rurę na odcinki takiej samej długości i dostatecznie małe, żeby można było przyjąć, że światłość każdego elementu tych odcinków jest identyczna. Strumień świetlny jednego elementu wyrazi się wzorem:

$$\varphi_1 = I_1(_{0-5}) \cdot \Delta\omega(_{0-5}) + I_1(_{5-10}) \cdot \Delta\omega(_{5-10}) + \dots$$

elementu następnego

$$\varphi_2 = I_2(_{0-5}) \cdot \Delta\omega(_{0-5}) + I_2(_{5-10}) \cdot \Delta\omega(_{5-10}) + \dots$$

a cały strumień wyniesie:

$$\Phi = \Sigma \varphi_i = \Delta\omega(_{0-5}) \Sigma I_i(_{0-5}) + \Delta\omega(_{5-10}) \Sigma I_i(_{5-10}) + \dots$$

Ponieważ, jak wynika z praktyki

$$\Phi < \Phi_o \text{ lub inaczej } \Phi = \mu \Phi_o$$

to

$$\mu = \frac{\pi^2 d B_o L}{\Delta \omega_{(0-5)} \Sigma I_i {}_{(0-5)} + \Delta \omega_{(5-10)} \Sigma I_{i(5-10)} + \dots}$$

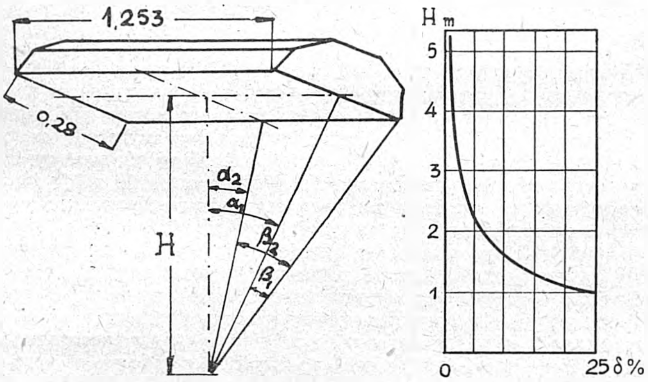
Wartość współczynnika μ wynosi dla zwykłych lamp średnio 0,94. Znajomość współczynnika μ pozwala na szybkie określenie wielkości strumienia lampy przez prosty pomiar światłości lub jaskrawości w środku rury.

5. Lampy umieszczone w oprawach.

Pod uwagę będziemy brać tylko oprawy rozpraszające, gdyż, jak wiadomo, prawo odwrotności kwadratów znajduje zastosowanie w oprawach kierunkowych (reflektorach) począwszy od pewnej zmiennej odległości, od której żaden promień odbity nie przecina osi oprawy.

Nie potrzeba udawadniać, że w reflektorach rozpraszających począwszy od odległości, od której prawo odwrotności kwadratów ma zastosowanie, prawo to może być tym bardziej stosowane w odniesieniu do rury fluoryzującej, której wymiary są mniejsze niż wymiary reflektora.

Przyjmując, że powierzchnia pozorna reflektora odpowiada prawu Lamberta, mamy do czynienia z prostokątem rozpraszającym. Jest więc możliwe określenie błędu popełnionego przez zastosowanie prawa odwrotności kwadratów do określenia jasności, wywołanej reflektorem o wymiarach przeznaczonych dla lamp dług. 1 m tj. 1,25 m × 0,28 m. Krzywa błędów jako funkcja odległości (rys. 7) wskazuje, że jeśli chcemy otrzymać pomiar z do-



Rys. 7. Wartość błędu $\delta\%$ w zależności od odległości fotometrowania lampy fluoryzującej w oprawie o wymiarach reflektora 1,253×0,28 m

kładnością 5%, odległość fotometrowania winna wynosić 2,25 m. Przy odległości fotometrowania 1 m błąd wyniesie 25%.

6. Stosunek strumienia do światłości.

Dla każdej lampy stosunek strumienia świetlnego i światłości mierzonej prostopadle do osi w środku lampy jest wielkością stałą. Fakt ten łatwo pojąć, zważywszy, że strumień i światłość są wielkościami, które rosną lub maleją proporcjonalnie. Baumgartner wykazał ponadto, że ten stosunek jest wielkością prawie stałą w odniesieniu do lamp różnych typów, co potwierdza zestawienie w tabl. I odnoszące się do lamp produkcji amerykańskiej. Można przyjąć, że stosunek ten wynosi średnio 9,25. Chcąc więc szybko zdać sobie sprawę z rzędu wielkości strumienia świetlnego wystarczy dokonać pomiaru światłości w środku rury.

Tablica I

Długość w cm	45,7	45,7	61,0	91,5	122	147,5	153
Średnica w mm	25,41	38	38	25,4	38	31	54
Stosunek $\frac{\Phi}{I_{90}}$	9,15	9,25	9,26	9,24	9,29	9,25	9,30

7. Warunki pomiarów.

Właściwości elektryczne i świetlne lamp fluoryzujących zależą od temperatury otoczenia i prądów powietrznych, jakie wytwarzają się dookoła lamp podczas ich normalnej pracy. Pomiarów zatem trzeba dokonywać w normalnych warunkach funkcjonowania lampy, a jeśli nie są one spełnione, trzeba skorygować strumień, posługując się krzywymi wyrażającymi zmienność strumienia w zależności od temperatury. Prąd pobierany przez lampy jest stosunkowo mały, to też każdy przyrząd pomiarowy włączony w obwód może wpłynąć na dokładność pomiarów, jeżeli nie przedsięweźmie się pewnych środków ostrożności.

Podajemy poniżej wskazówki i zalecenia amerykańskich fabryk lamp:

1) Przyrządy pomiarowe włączone równolegle w obwód lampy badanej nie mogą pobierać więcej niż 3% nominalnego prądu lampy.

2) Należy obliczać i korygować błędy spowodowane przyrządami pomiarowymi, gdyż poprawki, których można nie brać pod uwagę w zwykłych obwodach, tu są często znaczne wobec tego, że mały jest prąd i mała moc lamp badanych.

3) Uzwojenia napięciowe watomierzy winny być włączone do tych samych biegunów co dławik i przewód zerowy. Połączenie wykonane inaczej daje wartości niższe niż rzeczywiste napięcie lampy (spadek napięcia na skrętkach katod).

4) Jest pożądane, jeśli pozwala na to stałość napięcia prądu zasilającego, włączać przyrządy pomiarowe pojedyńczo, gdyż uprości to korektę przyrządów.

5) Jeśli w obwód muszą być włączone równocześnie dwa lub więcej przyrządów pomiarowych, największą dokładność pomiarów otrzymamy wówczas, gdy połączenia zostaną wykonane w ten sposób, że poprawka odnosząca się do mocy będzie raczej dotyczyć napięcia niż spadku napięcia w uzwojeniu prądowym. Pochodzi to stąd, że uzwojenia napięciowe są głównie oporami bezindukcyjnymi, podczas gdy uzwojenia prądowe przedstawiają znaczną indukcyjność.

6) Poprawka poboru mocy ze względu na przyrządy pomiarowe może wymagać wzięcia pod uwagę różnicy faz między prądem, przechodzącym przez korygowany przyrząd pomiarowy, i prądem, który powoduje poprawkę.

7) Opór wszystkich uzwojeń włączonych szeregowo w obwód lampy nie może w żadnym momencie dawać spadku napięcia większego niż 2% nominalnego napięcia lampy.

8) Jeśli badane lampy dają stałą emisję i rozporządzamy przyrządem do fotometrowania, można zastosować następującą metodę: sfotometrować lampę przed włączeniem przyrządów pomiarowych, a następnie po włączeniu przyrządów pomiarowych dostosować napięcie prądu zasilającego do otrzymanej poprzednio wartości fotometrycznej.

9) Używane do pomiarów napięcia przyrządy muszą być niewrażliwe na rodzaj krzywej napięcia, gdyż w wypadku lamp fluoryzujących krzywa ta odbiega znacznie od sinusoidy.

8. Stateczność strumienia świetlnego lamp.

Równowaga cieplna lampy ustala się po 10—15 minutach działania i dopiero po tym okresie czasu można rozpocząć pomiary.

Przy sprawdzaniu serii produkcyjnej lamp można każdą z nich podgrzewać w odpowiednim urządzeniu, a następnie przełączyć na obwód zawierający przyrządy wzorcowe.

Można również umieścić lampy badane w autoklawie i podgrzewać je do temperatury ich normalnej pracy, a następnie szybko włączyć w obwód probierczy. W ten sposób zaoszczędza się połowę czasu potrzebnego do ustalenia temperatury. Zauważono jednak, że niektóre lampy wykazują zmiany cech charakterystycznych po tego rodzaju manipulacjach wskutek, prawdopodobnie, przesunięcia elektrod lub osiadania rtęci w różnych miejscach. Z tego też powodu wybór lamp wzorcowych musi być bardzo staranny.

Sprawność lamp fluoryzujących spada dość szybko w ciągu pierwszych stu godzin działania, to też do prób

muszą być używane lampy, które działały już przynajmniej taki okres czasu.

Fotometrowanie opraw oświetleniowych winno być dokonywane w normalnej pozycji działania oprawy po ustaleniu się równowagi termicznej. Jeśli pomiar nie jest wykonany w normalnym położeniu oprawy, trzeba ustawić oprawę w jej normalnym położeniu odczekać ustalenia się równowagi termicznej, a następnie wykonać pomiar w określonym kierunku. Po dokonaniu pomiaru ustawić oprawę w żądanej pozycji pomiaru, ustalić równowagę termiczną i dokonać pomiaru w tym samym co poprzednio kierunku. Stosunek tych dwóch pomiarów będzie stałą dla wszystkich dalszych pomiarów, uwzględniającą zmianę położenia lampy.

LITERATURA

1. Baumgartner G. R. Practical photometry of fluorescent lamps. Illumin. Engin., N. Y. (1941, (36), str. 1340).
2. Cohu M. La photométrie des lampes fluorescentes. Lux (1948, (15), Nr 2, str. 26).
3. Einhorn N. D. and Sauermann J. D. Light distribution from fluorescent lamps. Journ. Inst. Electr. Eng. (t. 94, cz. II, Nr 41, 1947, str. 535).

INŻ. IGNACY BARAN

Światło fluorescencyjne ze stanowiska higieny pracy według badań w Z. S. R. R.

Treść. Ocena korzyści, które daje oświetlenie lampami fluoryzującymi. Przy jasności poniżej 100 lx korzystniejsze jest na ogół oświetlenie żarówkowe, przy jasnościach wyższych natomiast przewagę ma oświetlenie lampami fluoryzującymi. Tłumaczy się to wpływem barwy światła na psychikę pracujących.

Флуоресцентное освещение с точки зрения гигиены труда на основании исследований в СССР. Оценка преимуществ, получаемых при флуоресцентном освещении. При освещенности ниже 100 люксов более правильным считается, вообще говоря, освещение при помощи ламп накаливания; при более высокой освещенности, напротив, следует признать преимущество освещения от флуоресцентных ламп. Объясняется это влиянием цветовых качеств света на самочувствие рабочих.

Fluorescent lighting from the point of hygiene, according to research in the U. S. S. R. Appraisal of the benefits accruing from fluorescent lighting. For illumination of less than 100 lx, lighting by means of incandescent lamps is generally more advantageous, whereas in the case of higher illumination figures — fluorescent lighting is superior. This is due to the influence of the colour of the light on psychic reaction of workers.

La lumière fluorescente du point de vue de l'hygiène du travail d'après les études faites dans l'U. R. S. S. Evaluation des avantages que donna l'éclairage par lampes fluorescentes. Pour un éclairement de 100 lx, l'éclairage par lampes à incadescence est généralement plus avantageux, tandis que pour des éclairements plus grands l'éclairage par lampes fluorescentes merite la préférence. Celà s'explique par l'influence de la couleur de la lumière sur la disposition psychique des ouvriers.

Zastąpienie lamp żarowych rurami fluoryzującymi przynosi przemysłowi szereg korzyści, z których jako najistotniejszą wymienić należy wzrost wydajności pracy i poprawę jakości produktów. Z tych względów oświetlenie fluorescencyjne w wielu krajach wypiera na różnych odcinkach przemysłu istniejące oświetlenie lampami żarowymi. Dotyczy to przede wszystkim tych gałęzi przemysłu, w których warunki produkcji wymagają dużych jasności lub też dobrego rozróżnienia barw, jak np. przemysłów włókienniczego, farbiarskiego i poligraficznego. Zastosowane na wymienionych odcinkach oświetlenie fluorescencyjne wykazało jednak tyle innych zalet, iż należy się spodziewać, że już w niedalekiej przyszłości będzie typem oświetlenia dominującym w zakładach pracy, pozostawiając oświetleniu żarówkowemu tylko wąskie odcinki prac przemysłowych.

Jednym z krajów, w których światło fluorescencyjne wzbudziło specjalne zainteresowanie — i to nie tyle ze względu na wspomniane wyżej korzyści zwiększenia produkcji i poprawy jej jakości, ile ze stanowiska ochrony wzroku pracownika — jest Związek Radziecki.

Kilka instytutów higieny w Z S. R. R. badało, jak dalece oświetlenie fluorescencyjne jest korzystne dla wzroku pracującego oraz jak wpływa ogólnie na organizm i na psychikę pracownika.

Wyniki tych badań wykazały specjalne zalety nowego światła ze stanowiska higieny pracy. Jako najistotniejszą zaletę z tego punktu widzenia należy uważać możliwość wydatnego zwiększenia jasności bez powiekszenia mocy instalowanej na cele oświetleniowe, co jest ważne szczególnie z tego względu, że dotychczasowe normy jasności dla oświetlenia żarówkowego z przyczyn ekonomicznych znacznie ustepowały potrzebom jasności określonym względami fizjologicznymi. Podwyższanie jasności przyśpiesza wydatnie szybkość spostrzegania. Tak np. przy jasności ponad 1000 luksów szybkość spostrzegania jest 3—10-krotnie wieksza niż przy jasności 50 luksów, szybkość spostrzegania jest bowiem zależna od kontrastu między oglądaną częścią a tłem, który to kontrast szybko wzrasta przy powiekszaniu jasności [1]. Prof. S. Majzel twierdzi, że siatkówka oka reaguje na kontrast określony różnicą między jaskrawością oglądanego elementu a jaskrawością tła, nie zaś stosunkiem jaskrawości.

Drugą — niemniej istotną — zaletą oświetlenia fluorescencyjnego jest możliwość dowolnego prawie regulowania barwy światła przez zastosowanie różnego składu chemikalii pokrywających rury od wewnątrz. Zastosowanie światła białego o składzie widmowym zbliżonym do dziennego pozwala na właściwą ocenę barw oglądanych przedmiotów, co nie jest możliwe przy oświetleniu żarówkowym. Lampy fluoryzujące są zatem szczególnie ważne dla przemysłów, w których produkcja wymaga właściwego rozróżniania barw, jak np. w wymienionych na wstępie przemysłach. Niemniej jednak właściwa ocena barw posiada istotne znaczenie dla wszystkich zakładów pracy, a to ze względu na bezpieczeństwo pracy i porządek. Stosowane bowiem w wielu zakładach symbole barwne ułatwiając orientację zmniejszają ryzyko wypadku: tak więc zbiorniki i butle z cieczami i gazami maluje się różnymi barwami, do oznaczenia urządzeń przeciwpożarowych używa się barwy czerwonej, sprzęt ochrony osobistej (maski, okulary, rękawice ochronne itp) przechowuje się w skrzyniach zielonych, skrzynki i obudowę niebezpiecznych urządzeń elektrycznych (np. wyłączniki, bezpieczniki, rozruszniki) maluje się na niebiesko itp., jednak właściwe korzystanie z tych symboli wymaga białego światła.

Biała barwa światła lamp fluoryzujących jest specjalnie korzystna również i z tego względu, że dobrze się miesza ze światłem dziennym. Żółte światło żarówek zmieszane ze światłem dziennym wywiera nieprzyjemne wrażenie i stwarza niekorzystne warunki dla pracy wzroku. To też brak sztucznego źródła światła białego stawał się klęską dla warunków pracy we wczesnych i późniejszych godzinach pracy w porze zimowej, kiedy światło dzienne trzeba uzupełniać oświetleniem sztucznym. Światło lamp fluoryzujących staje się z tego względu niezastąpione, jeżeli pominiemy światło dzienne lamp rtęciowo-żarowych, które posiadają szereg wad ograniczających ich stosowanie.

Szczególnie dotkliwą wadą światła żarowego jest duża jaskrawość źródeł tego światła, co wymaga stosowania specjalnych osłon chroniących wzrok przed olśnieniem oraz niekorzystnego pod względem ekonomicznym wysokiego zawieszania lamp tego typu. Badania dokonane w Związku Radzieckim wykazały, że wrażliwość wzroku na kontrasty przy oświetleniu olśniewającym jest kilkakrotnie niższa niż przy właściwie osłoniętych źródłach światła [1]. Jaskrawość rur fluoryzujących jest wielokrotnie niższa, to też zabezpieczenie wzroku jest tu znacznie łatwiejsze niż przy oświetleniu żarówkowym.

Dalszą zaletą lamp fluoryzujących jest możliwość uzyskania stosunkowo dużej równomierności oświetlenia dzięki małej jaskrawości rur i dużej ich powierzchni świecącej. Nierównomierność oświetlenia lampami żarowymi sprawia wiele kłopotów, gdyż wymaga stosowania specjalnych osłon rozpraszających światło, zwiększania liczby punktów świetlnych oraz zwiększania

wysokości zawieszenia lamp, co wszystko wydatnie zmniejsza gospodarność oświetlenia.

W końcu należy wspomnieć jeszcze o jednej wadzie lamp żarowych, której nie posiadają lampy fluoryzujące: żarówki pracują przy wysokiej temperaturze i promieniują wiele ciepła. Jest to szczególnie szkodliwe dla zdrowia robotników w przypadkach, gdy żarówki są nisko zawieszone nad stanowiskami pracy. Lampy fluoryzujące posiadają niską temperaturę i promieniują mało ciepła, mogą więc być nisko zawieszane bez szkody dla zdrowia pracujących.

Również i ze stanowiska biologii lampy fluoryzujące są korzystniejsze niż żarowe, światło ich bowiem posiada więcej promieni fioletowych. Zapewne w przyszłości będzie można uzyskać jeszcze cenniejsze właściwości biologiczne (bakteriobójcze, antyrachityczne i inne) przez odpowiedni dobór szkła lamp oraz chemikalii pokrywających je od wewnątrz.

Obok wymienionych wyżej pokrótce zalet światło fluoryzujące posiada również i wady, z których jako najbardziej istotną należy wymienić nieprzyjemne wrażenie chłodu, wywoływane przez to światło szczególnie przy niedużych jasnościach: twarze i ręce osób wydają się wtedy blade, a wargi sinawe. Wrażenie to mija przy podwyższeniu jasności. Tłumaczy się ono tym, że temperatura barwy *) światła lampy fluoryzującej jest znacznie wyższa niż temperatura barwy światła żarówek. Aby uzyskać przy obu rodzajach oświetlenia takie same fizjologiczne wrażenie ciepła, trzeba stosować przy oświetleniu lampami fluoryzującymi znacznie wyższe jasności niż przy świetle żarówkowym. Z tych względów przejście z lamp żarowych na fluoryzujące stawia nas przed problemem rewizji norm jasności i to nie tylko pod względem potrzeb przemysłu, określonych wymaganiami co do dokładności wykonywanych prac, lecz również ze stanowiska fizjologii i higieny pracy.

Podamy tu wyniki badań dokonanych przez Instytut Ogólnej i Komunalnej Higieny Akademii Nauk Medycznych Z. S. R. R. [2] ze stanowiska wymagań higieny pracy. Badano: a) działanie narządu wzroku (dokładności widzenia i szybkości spostrzegania), b) zmęczenie narządu wzroku (obniżenia wyraźnego widzenia), c) wydajność pracy i jej jakość (ilość błędów).

Równolegle z określeniem wskaźników obiektywnych starano się uzyskać ocenę subiektywną oświetlenia fluorescencyjnego przez zatrudnionych — drogą ankiety.

Badanie obiektywne przeprowadzono na dwu osobach, wykonywających w okresach 3-godzinnych żmudną i jednorodną pracę korektorską, a mianowicie wykreślanie pewnych umówionych znaków pisarskich z drukowanego tekstu. Badania prowadzono na przemian przy lampach żarowych i fluoryzujących, stosując kolejno 5 poziomów jasności: 20, 45, 90, 180 i 220 lx. Każde badanie powtarzało się w ciągu nie mniej niż 5 dni.

Wyniki badań ujawniły korzyści płynące ze stosowania lamp fluoryzujących zarówno pod względem fizjologiczno-higienicznym, jak i ze stanowiska potrzeb produkcji, dostarczając jednocześnie szeregu cennych przyczynków do przyszłych prac normalizacyjnych.

Stwierdzono przede wszystkim, że przy jasności ok. 75 lx warunki pracy wzroku są prawie jednakowe przy obu rodzajach oświetlenia, przy jasnościach zaś wyższych — zaczynając od 90 do 100 lx — szala przechyla się wybitnie na korzyść światła lamp fluoryzujących, przy którym wszystkie charakterystyki dobroci widzenia (dokładność widzenia, stałość wyraźnego widzenia i szybkość spostrzegania) są wyraźnie korzystniejsze niż przy oświetleniu żarowym (tabl. I). Sprawozdanie Instytutu nie podaje wprawdzie ani definicji wskaźników sprawności wzroku, użytych w powyższej tablicy, ani metod ich mierzenia, jednak same liczby porównawcze wskazują na niewątpliwą przewagę oświetlenia lamp fluoryzujących.

Przewaga ujawnia się również w badaniach nad wydajnością pracy i jej jakością, co potwierdza tabl. II, która wykazuje, że po zamianie żarówek na lampy fluoryzujące uzyskano wzrost wydajności pracy średnio o 13,5% i zmniejszenie liczby błędów o 43%.

Z krzywych na wykresach (rys. 1) można łatwo stwierdzić, że powiększeniu jasności przy oświetleniu lampami fluoryzującymi towarzyszy stale wzrost wskaźnika stałości wyraźnego widzenia. Przy oświetleniu żarówkowym silny wzrost tego wskaźnika występuje tylko dla małych jasności, natomiast dla jasności większych niż 50 luksów nawet silny ich przyrost powoduje bardzo słaby wzrost wskaźnika stałości wyraźnego widzenia.

Tablica I. Fizjologiczne wskaźniki porównawczej oceny oświetlenia przy jasności 90 lx

Działanie wzroku	Lampy żarowe		Lampy fluoryzujące	
	przed pracą	po pracy	przed pracą	po pracy
Dokładność widzenia	1,8 bez omyłek	1,8 z omyłkami	1,8 bez omyłek	1,8 bez omyłek
Stałość wyraźnego widzenia (%)	100	83,8	100	84,5
Czas spostrzegania (sek)	0,248	0,263	0,167	0,183

Tablica II. Wskaźniki porównawcze wydajności pracy i jej jakości przy jasności 90 luksów

Znak badanego	Lampy żarowe				Lampy fluoryzujące			
	Liczba zbadanych liter	Liczba liter na 1 omyłkę	Liczba omyłek na 1 ark.	Czas odczytywania 1 ark.	Liczba zbadanych liter	Liczba liter na 1 omyłkę	Liczba omyłek na 1 ark.	Czas odczytywania 1 ark.
P.	48 300	5 378	8	2 h 33′	60 000	7 225	5,8	2 h 16′
Sz.	42 200	2 476	13	2 h 59′	43 250	6 408	6,5	2 h 36′
Średnio	45 250	3 926	10,5	2 h 46′	51 875	6 966	6	2 h 26′

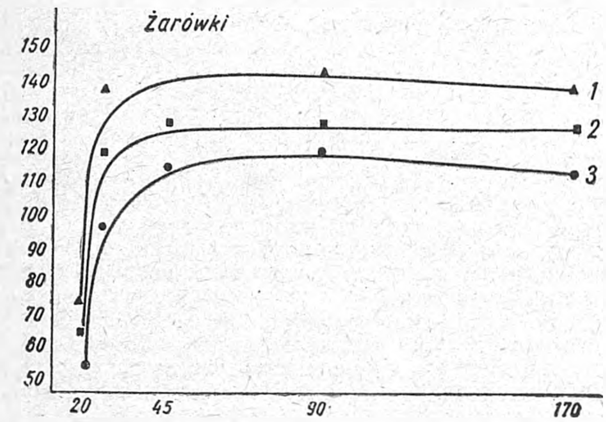
Przedstawione wyżej wyniki badań radzieckich wskazują zatem na konieczność rewizji norm jasności w kierunku znacznego ich podwyższenia przy przechodzeniu z oświelenia żarowego na fluorescencyjne. Podwyższenie norm powinno być tym znaczniejsze, im wyższa jest temperatura barwy światła fluorescencyjnego. Temperatura barwy światła żarówek wynosi 2 400 do 3 100° K, lamp fluoryzujących o świetle „białym" 3 500 do 4 000° K, lamp zaś fluoryzujących o świetle „dziennym" — 6 500° K [3]. Odpowiednio do tego dla oświetlenia lampami światła „dziennego" należałoby przewidzieć wyższe normy jasności niż przy świetle „białym", natomiast normy jasności przy świetle „białym" powinny być wyższe niż przy żarówkowym. Sprawa takiej właśnie rewizji norm jest tym bardziej ważna, że poziom ustalony dotychczasowymi normami dla oświetlenia żarówkowego pozostawał znacznie w tyle w stosunku do potrzeb określonych wymaganiami fizjologii i higieny pracy.

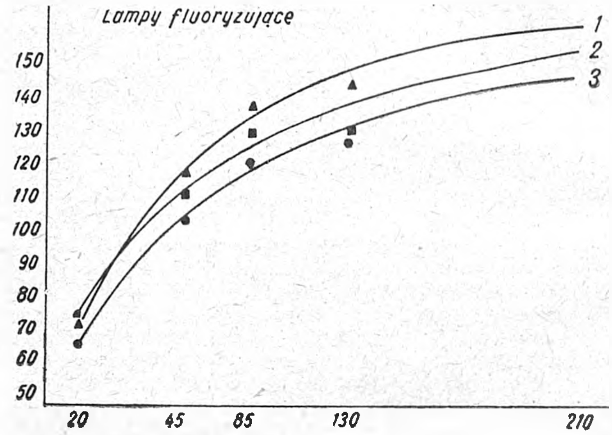
Również ze stanowiska higieny psychicznej zaleca się stosowanie możliwie dużych jasności, szczególnie przy oświetleniu lampami światła „dziennego", wywołującego niemiłe wrażenie chłodu przy małych jasnościach.

*) Przez temperaturę barwy danego światła rozumie się temperaturę absolutnie czarnego ciała rozgrzanego do barwy odpowiadającej swym składem widmowym barwie danego światła.

W związku z tymi przykrymi wrażeniami psychicznymi światło fluorescencyjne nie wszędzie spotyka się z przychylnym przyjęciem. Niejednokrotnie robotnicy przyzwyczajają się do nowego oświetlenia dopiero po upływie dłuższego czasu. W większości jednak przypadków już w krótkim czasie robotnicy przekonują się o korzyściach,

Twierdzenie powyższe wyda się jeszcze słuszniejsze, jeżeli się zważy, że omówione powyżej badania radzieckie zostały dokonane przy jasnościach stosunkowo niskich jak na potrzeby prac korektorskich, nawet przy oświetleniu żarówkowym (poniżej 220 lx). Przypuszczać należy, że przy zastosowaniu wyższych jasności ujawniłyby się zapewne





Rys. 1. Stałość wyraźnego widzenia
1 Na początku
2 Po upływie 1½ godz.
3 Po upływie 3 godz.

które przynosi oświetlenie lampami fluoryzującymi, a pierwsze przykre wrażenie szybko mija, o czym świadczą wyniki ankiet rozpisywanych wśród robotników. Ocenę przez robotników światła fluorescencyjnego z różnych punktów widzenia przedstawia tabl. III. Jak widać z tablicy, również subiektywna ocena pracujących wypada na korzyść oświetlenia lampami fluoryzującymi, zarówno więc wskaźniki obiektywne, jak i ocena subiektywna pozwalają stwierdzić, że w zasadzie nic nie stoi na przeszkodzie powszechnemu wprowadzeniu światła fluorescencyjnego ze stanowiska higieny pracy.

Tablica III. Subiektywna ocena oświetlenia fluorescencyjnego

Działanie wzroku	Ocena (%)		
	dodatnia	ujemna	nieokreśl.
Wrażenia wzrokowe			
rozpoznawanie barw	55	—	45
dokładność widzenia	25	—	75
Wrażenia ogólne			
dobre	52	40	8
przyjemne	50	35	15
wygodne	60	31	9
Wnioski			
ułatwienie pracy	82	13	—
zmniejszenie zmęczenia	57	—	43
przyzwyczajenie się	64	4	32
przyznanie pierwszeństwa	52	40	8

jeszcze większe różnice na korzyść oświetlenia lampami fluoryzującymi. Krzywe na wykresach (rys. 1) wskazują, że możliwości dalszego zwiększenia stałości wyraźnego widzenia przy oświetleniu żarówkowym są już wyczerpane, natomiast przy zwiększaniu jasności oświetlenia fluorescencyjnego należy przewidywać dalszy wzrost wskaźnika działania wzroku. Oczywiście, wzrost ten znajdzie swój kres z chwilą, gdy wskutek podwyższania jasności różnice jaskrawości między oglądanymi elementami a tłem wzrosną tak dalece, że będzie to powodować nadmierne olśnienie.

W Polsce już wszczęto produkcję lamp fluoryzujących i przypuszczać należy, że w ciągu najbliższych lat konsekwentny jej rozwój potrafi zaspokoić wszelkie potrzeby naszego kraju w tym zakresie zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym przez odpowiednie zróżniczkowanie typów omawianych lamp. Przed zastosowaniem ich jednak na szerszą skalę należałoby opracować normy właściwego ich wyzyskania wskazujące, przy jakich rodzajach prac powinny być przede wszystkim używane oraz jakie jasności należy stosować przy różnych typach tych lamp. Oczywiście, normy takie można opracować jedynie na podstawie licznych doświadczeń i prób przy rozmaitych rodzajach prac, przy czym badania powinny uwzględniać nie tylko sprawy wydajności pracy i jakości wyrobów, lecz i zagadnienia fizjologii, higieny pracy i samopoczucia pracujących.

LITERATURA

[1] A. S. Szajkiewicz. Woprosy kaczestwa promyszlennowo oswieszczenja, Gosenergoizdat, 1948
[2] N. M. Dancig i W. K. Bielikowa. Niekotoryje gigieniczeskije woprosy pri luminescentnom oswieszczenji (Gigiena i Sanitaria, 1949, z. 10)
[3] H. Cotton. Electric discharge lamps, London, 1946

MGR INŻ. BRONISŁAW MICHELIS (Łódź)

Ocena wartości oświetlenia metodą badań oftalmologicznych

Treść. Te same jasności zmierzone fotometrem w miejscu pracy przy różnych rodzajach i zabarwieniach światła niejednakowo oddziaływają na siatkówkę oka ludzkiego zarówno pod względem ostrości widzenia, jak i szybkości nużenia wzroku, a więc jednakowe jasności fotometryczne nie zawsze są równoważne pod względem użytkowym i higienicznym. Autor podaje metodę oceny istotnej wartości użytkowej różnych rodzajów oświetlenia, opartą na pomiarach oftalmologicznych przy użyciu fotometru jedynie jako pomocniczego instrumentu porównawczego.

Оценка освещения при помощи офталмологического исследования. Одинаковые освещенности, измеренные фотометром на рабочей поверхности при освещении ее источниками света различного рода и различной окраски, оказывают неодинаковое действие на сетчатку человеческого глаза в отношении как остроты зрения, так и скорости утомления глаза. Таким образом одинаковые фотометрические освещенности не всегда эквивалентны с точки зрения их полезности и с гигиенической точки зрения. Автор приводит метод практической оценки различных видов освещения, основанный на офталмологических измерениях при применении фотометра исключительно в качестве вспомогательного прибора при сравнивании освещения

The appraisal of lighting values by ophthalmological test methods. Identical illumination values measured by photometer at the point of work for different kinds and colours of light do not affect the retina of the human eye to a uniform extent, as regards both the clarity of vision and the rate of sight fatigue; therefore, identical photometric illumination values are not always equivalent in so far as utility and hygiene are concerned. The author advances a method for the determination of the actual utility value of various types of lighting based on ophthalmological tests, making use of the photometer solely as an auxiliary instrument for the purpose of comparison.

Dla uproszczenia poniższych rozważań wprowadźmy dwa pojęcia oświetleniowe: 1) jasność zmierzoną fotometrem, którą nazwiemy jasnością fotometryczną, oraz 2) jasność ocenianą przeciętnym zdrowym okiem ludzkim, którą nazwiemy jasnością wzrokową. Jasność ta może być zmierzona metodą oftalmologiczną według zasad optyki fizjologicznej.

Punktem wyjścia niniejszych rozważań jest założenie, że dwa rodzaje światła, wytworzone różnymi sposobami, np. żarzeniem się drucika metalowego w żarówce i transformowaniem promieni pozafioletowych na widzialne w rurach fluoryzujących, oddziaływają z różną siłą na komórkę światłoczułą fotometru i na siatkówkę oka ludzkiego, czyli że fotometr nie zawsze jest instrumentem współmiernym z wrażliwością siatkówki oka ludzkiego. Z tego wynika, że różnorodne oświetlenia mogą dać jednakową jasność fotometryczną, lecz różną jasność wzrokową i na odwrót.

Są podstawy do przypuszczenia, że z dwóch takich różnych rodzajów oświetlenia o jednakowej jasności wzrokowej oświetlenie fluorescencyjne silniej oddziaływa na fotometr od żarzeniowego, czyli że z dwóch oświetleń — żarzeniowego i fluorescencyjnego o jednakowej jasności fotometrycznej — to drugie okaże się użytkowo słabszym od pierwszego. Stąd wypływałby wniosek, że przy projektowaniu oświetlenia fluorescencyjnego należałoby przy posiłkowaniu się wyprowadzonymi z długoletnich doświadczeń normami jasności fotometrycznej wprowadzić pewien m n o ż n i k p o p r a w k o w y niezależnie od rozmyślnego podwyższenia jasności w związku z wyższą sprawnością lamp fluoryzujących.

Dla przeprowadzenia niżej wyłuszczonych pomiarów, potrzebnych do określenia poszukiwanej poprawki, należy na wstępie ustalić:

a) skalę optyczną według zasad optyki fizjologicznej:

α) dla ostrości widzenia (tzw. zdolności różnicowej), której wskaźnik nazwiemy A,

β) dla wytrwałości widzenia (czasokresu znużenia), której wskaźnik nazwiemy B;

b) znormalizowany fotometr przenośny (luksomierz);

c) znormalizowaną jasność fotometryczną od oświetlenia żarzeniowego, którą przyjmiemy w poniższych wywodach jako 100 lx, wytworzonych żarówkami 150-watowymi i nazwiemy $E_ż$.

Pierwszym zadaniem naszym będzie zmierzenie wskaźników oftalmologicznych A i B dla jasności $E_ż$, następnym zaś zmierzenie tego samego dla jednakowych fotometrycznie, lecz nierównoważnych użytkowo jasności fluorescencyjnych.

Wszystkie pomiary jasności będziemy dokonywać dla jasności pionowych.

Kolejność czynności będzie następująca:

1) W pomieszczeniu, przeznaczonym do badania ostrości widzenia, wytwarzamy znormalizowaną jasność $E_ż$ (p. c), posługując się znormalizowanym fotometrem.

2) Spośród pracowników zakładu włókienniczego wybieramy kilka osób (np. 3 do 5), posiadających anatomicznie i czynnościowo normalny wzrok, i oznaczamy u nich przy pomocy badań oftalmologicznych, stosownie do p. α*), wskaźniki ostrości widzenia przy jasności $E_ż$, a z tych pomiarów — przeciętny wskaźnik, który nazwiemy $A_ż$. Wprowadźmy tu spółczynnik liczbowy $K_ż$ z równania:

$$A_ż = K_ż \cdot E_ż, \text{ czyli } K_ż = \frac{A_ż}{E_ż}.$$

3) Przy pomocy lamp fluoryzujących o trzech zabarwieniach — białym, dziennym i słoneczno-dziennym (ewent. blado-pomarańczowym) — wytwarzamy osobno trojakie oświetlenie, wyregulowane przy pomocy tego samego fotometru, co pod 1, na jasność ~ 100 lx, którą oznaczymy:

od rur koloru białego	E_b
„ „ koloru dziennego	E_{dz}
„ „ o zabarwieniu pomarańczowym	E_p.

*) Posługujemy się w tym celu tablicami oftalmologicznymi, pierścieniami Landolta i tzw. „wizybilimetrami" (ob. A. S. Szajkiewicz, „Woprosy kaczestwa promyszl. oswieszczenja". Gos. Energ. Izd., 1948, str. 167 i odpowiednia „literatura").

4) U tych samych osób co w p. 2 mierzymy przy trzech po kolei oświetleniach fluorescencyjnych, wymienionych w p. 3, tą samą metodą i przy pomocy tych samych przyrządów co w p. 2, wskaźniki ostrości widzenia, a z nich — przeciętne dla rur o różnym zabarwieniu:

białym	A_b
dziennym	A_{dz}
pomarańczowym	A_p.

Wprowadzamy spółczynniki liczbowe K z równań:

$$A_b = K_b \cdot E_b$$
$$A_{dz} = K_{dz} \cdot E_{dz}$$
$$A_p = K_p \cdot E_p$$

czyli

$$K_b = \frac{A_b}{E_b}\ ;\ K_{dz} = \frac{A_{dz}}{E_{dz}}\ \text{ i } K_p = \frac{A_p}{E_p}$$

Gdybyśmy się oparli przy względnej ocenie wartości użytkowej różnorodnego oświetlenia tylko na wskaźnikach ostrości widzenia, to wskaźniki wartości użytkowej rozpatrzonych czterech rodzajów oświetlenia ułożyłyby się w następującym stosunku do siebie:

(żarzeniowe) : (fl. białe) : (fl. dzienne) : (fl. pomarańcz.) =

$$K_ż : K_b : K_{dz} : K_p,$$

gdyż liczbowo $E_ż = E_b = E_{dz} = E_p$.

Te spółczynniki liczbowe są znane z dokonanych pomiarów.

Byłyby to jednak niedość dokładne orzeczenia, bo pomijające różny wpływ różnorodnego oświetlenia na szybkość zmęczenia percepcji wzrokowej, która, jak to wykazały doświadczenia szwajcarskie, jest — ceteris paribus — różna dla różnych zabarwień światła fluorescencyjnego. Należy przeto wpływ ten uwzględnić, mierząc wskaźniki znużenia adaptometrem w odstępach cogodzinnych podczas pracy przy czterech badanych oświetleniach $E_ż$, E_b, E_{dz} i E_p u tych samych wybranych pracowników (p. 2). Oznaczmy ostateczne wskaźniki proporcjonalne do czasokresu pracy, powodującego ten sam stopień znużenia wzroku, oczywiście, przeciętne u wybranych pracowników, znakami: $B_ż$, B_b, B_{dz} i B_p.

Dla uwzględnienia nieuniknionych przy praktycznym wykonaniu powyższych pomiarów m a ł y c h odchyleń od wyznaczonej dla wszystkich porównywanych czterech oświetleń jednakowej jasności fotometrycznej 100 lx, należy wyprowadzone wielkości B przeliczyć proporcjonalnie do wielkości:

$$\frac{100}{\text{zmierzona jasność fotometryczna}}.$$

Ponieważ wszystkie cztery badane oświetlenia były wyregulowane i przeliczone na tą samą jasność fotometryczną 100 lx, przeto p e ł n y o b r a z w z g l ę d n e j w a r t o ś c i u ż y t k o w e j rozpatrywanych rodzajów oświetlenia przedstawi się jako następujący postęp geometryczny:

$$(K_ż \cdot B_ż) : (K_b \cdot B_b) : (K_{dz} \cdot B_{dz}) : (K_p \cdot B_p).$$

Z wyprowadzonego wyżej postępu geometrycznego oznaczyć możemy poszukiwany na wstępie mnożnik poprawkowy np. dla oświetlenia fluorescencyjnego koloru białego: jeśli je obliczyć na jasność fotometryczną 100 lx, to użytkowo będzie ono równoważne z oświetleniem żarzeniowym o jasności

$$100 \cdot \frac{K_b \cdot B_b}{K_ż \cdot B_ż} \text{ luksów,}$$

czyli chcąc otrzymać jasność równoważną użytkowo z jasnością 100 lx żarzeniową, należy obliczenie oświetleniowe przeprowadzić dla

$$100 \cdot \frac{K_ż \cdot B_ż}{K_b \cdot B_b} \text{ luksów;}$$

chcąc natomiast otrzymać jasność efektywnie o 50% silniejszą od jasności 100 lx żarzeniowej, należy obliczyć oświetlenie dla

$$150 \cdot \frac{K_ż \cdot B_ż}{K_b \cdot B_b} \text{ luksów.}$$

Wagę rozpatrzonych zagadnień można ocenić, jeśli sobie uprzytomnimy, że przemysł włókienniczy w przeciągu nadchodzących dwóch lat zapotrzebuje ok. 300 000 lamp fluoryzujących o wartości ok. 2 miliardów złotych.

INŻ. HENRYK MARCINIAK

Sztuczne oświetlenie pomieszczeń przemysłowych

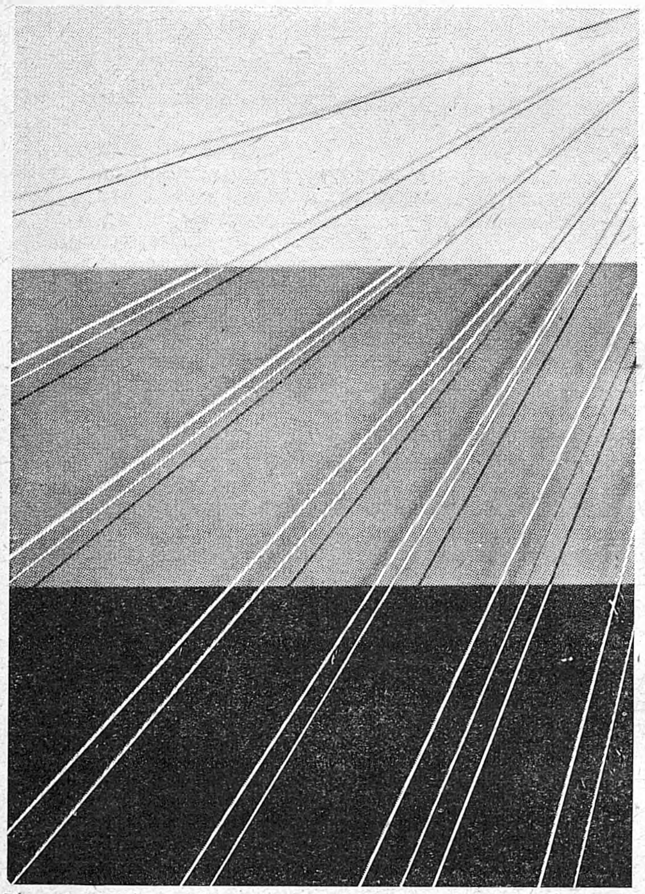
Treść. Rola sztucznego oświetlenia w przemyśle. Widzialność. Prace badawcze. Poziom jasności. Oświetlenie ogólne. Dodatkowe oświetlenie miejsc pracy. Źródła światła. Wady urządzeń oświetleniowych.

Замечания по вопросам искусственного освещения промышленных помещений. Роль искусственного освещения в промышленных предприятиях. Зрительное восприятие. Исследовательские работы Уровень освещенности. Общее освещение. Добавочное освещение рабочих поверхностей. Источники света. Недостатки осветительных устройств.

Observations of the artificial lighting of industrial premises. The role of artificial lighting in industries. Visibility. Research work. Illumination level. General lighting. Auxiliary lighting at working points. Light sources. Deficiencies of lighting installations.

1. Rola sztucznego oświetlenia.

Najprostsze, a często technicznie jedyne rozwiązanie zadań oświetleniowych występujących w przemyśle osiąga się przy pomocy oświetlenia sztucznego. Oświetlenie sztuczne ma znaczną przewagę nad oświetleniem dziennym, gdyż daje prawie nieograniczoną swobodę używania światła nie tylko w czasie, ale i w przestrzeni. Pozwala to na pełne i niezależne od położenia okien wyzyskanie całej powierzchni użytkowej pomieszczenia. Oświetlenie



Rys. 1. Nitki — biała, szara i czarna — widziane na tle o różnych współczynnikach odbicia światła
Przy tej samej jasności widzialność każdej z nich jest różna i zależy od kontrastu między nitką a tłem.

sztuczne daje się łatwo dostosować do każdego sposobu ustawienia maszyn, do każdej zmiany w zgrupowaniu miejsc pracy, które wynikają często z zastosowania nowej organizacji pracy lub nowych metod wytwórczych. Ponadto tylko oświetlenie sztuczne może zapewnić całkowitą stałość i niezmienność takich czynników oświetlenia, jak jasność, kierunek padania i barwa, co dla wielu rodzajów pracy jest niezbędne.

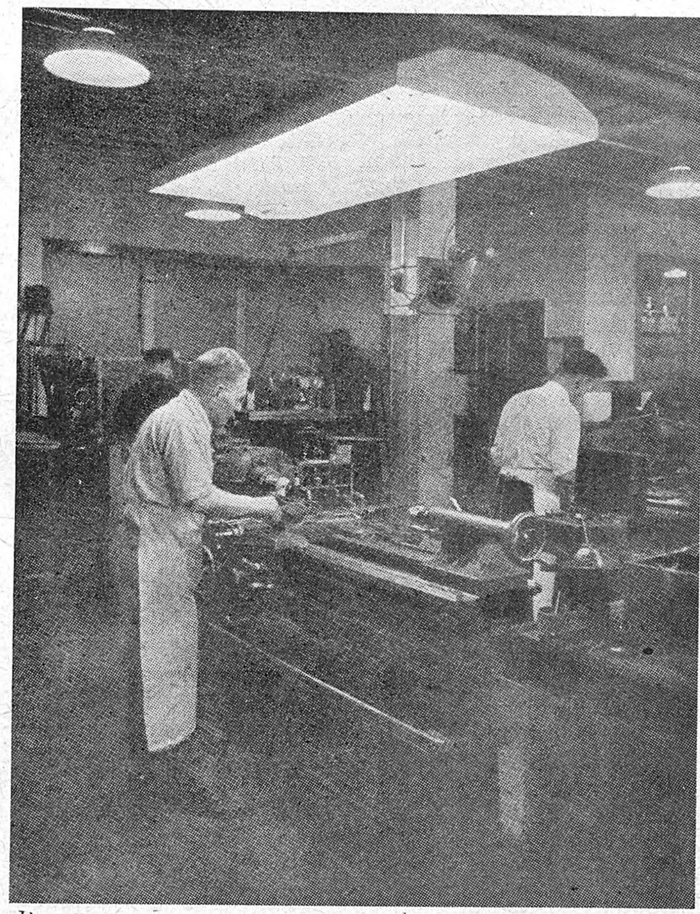
Światło dzienne zmienia w ciągu dnia w dużych granicach swe natężenie oraz kierunek padania. Szczególnie bezpośrednio padające na miejsce pracy promienie słoneczne pogarszają znacznie widzialność, a przeciwdziałanie im za pomocą różnego typu ruchomych zasłon jest niewygodne, kosztowne a w wielu wypadkach w warunkach przemysłowych nie osiągalne. Najmniejszym zmianom podlega oświetlenie dzienne uzyskane przy pomocy świetlików w dachu zwróconych ku północy, lecz świetliki takie mogą być stosowane tylko w pomieszczeniach parterowych lub na najwyższych piętrach.

Pomieszczenia przemysłowe budowane bez okien stanowią rozwiązanie krańcowe, w którym zrezygnowano zupełnie z oświetlenia dziennego.

Szybki postęp techniki oświetlenia sztucznego, a szczególnie znaczne osiągnięcia w dziedzinie wytwarzania źródeł światła o dużej wydajności, oraz stałe obniżanie się kosztu światła pozwalają twierdzić, że rola oświetlenia sztucznego w przemyśle w stosunku do oświetlenia naturalnego będzie nadal wzrastać oraz że zagadnienie poprawy warunków oświetleniowych w istniejących pomieszczeniach przemysłowych może być rozwiązane przede wszystkim przy pomocy oświetlenia sztucznego.

2. Widzialność.

Powszechnie uznaje się, że polepszenie oświetlenia umożliwia znaczny wzrost produkcji, podwyższenie jej jakości i zmniejszenie kosztów. Również jest niewątpliwe, że racjonalne oświetlenie oszczędza wzrok i wysiłek pra-



Rys. 2. Oprawa oświetleniowa o dużej powierzchni świecącej i równomiernie rozłożonej jaskrawości
Nie powoduje zbyt jaskrawych i skupionych odblasków na przedmiotach błyszczących

cujących, zwiększa bezpieczeństwo pracy, ułatwia utrzymanie porządku i czystości, wreszcie korzystnie wpływa na psychikę pracujących, dając im zadowolenie i przyjemność w pracy.

Korzyści te osiąga się dzięki dobrej widzialności przedmiotów, narzędzi, maszyn, urządzeń, dokumentacji tech-

nicznej itp. Widzialność zależy jednocześnie od wielu czynników:

1) wynikających z cech fizycznych przedmiotu obserwowanego, jak wymiary i kształt szczegółu, który ma być spostrzegany i rozpoznany, barwa oraz współczynniki odbicia światła (szczegółu i tła), odbicie lub przepuszczalność kierunkowa lub rozproszona;

2) wynikających z samych warunków pracy, jak np. odległość oka od przedmiotu, sposób poruszania się przedmiotu podczas obserwacji, okres czasu, w którym szczegół czy zjawisko może być obserwowane;

3) wynikających z otoczenia przedmiotu obserwacji, znajdującego się w całym polu widzenia pracującego, które to otoczenie powinien cechować możliwie równomierny rozkład jaskrawości;

4) wynikających z oświetlenia, jak jasność, widmowy rozkład energii świetlnej, cienistość (zależna od kierunków padania światła), jaskrawość i wielkość odblasków powstających na przedmiocie obserwacji.

Widzialność możemy zatem określić jako pewną wielkość, będącą funkcją wszystkich wymienionych czynników. Czynniki wynikające z cech oświetlenia możemy zmieniać w dużych granicach, powodując tym zasadnicze zmiany widzialności. W niektórych wypadkach możliwa jest również zmiana i innych czynników, dzięki czemu osiąga się lepsze warunki widzenia, np. zastosowanie tła zapewniającego lepszy kontrast ze szczegółem (rys. 1) lub usunięcie z pola widzenia pracującego jaskrawych źródeł światła, czy stale poruszających się w polu widzenia przedmiotów przez zastosowanie np. odpowiedniej zasłony.

3. Prace badawcze.

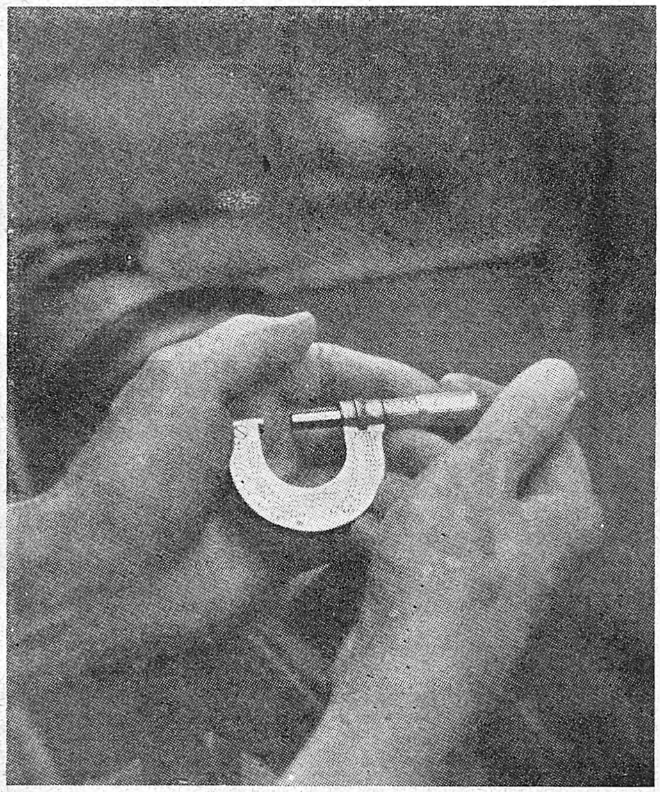
Metody prowadzące do określenia właściwego oświetlenia muszą polegać na próbach, a przede wszystkim na znajomości tych zależności, które istnieją między światłem a widzeniem. Bez gruntownej znajomości tych zależności poszukiwania właściwych rozwiązań różnorodnych zagadnień spotykanych w przemyśle byłyby zbyt powolne, uciążliwe i kosztowne.

Aby znaleźć właściwe rozwiązanie oświetlenia miejsca pracy, należy rozstrzygnąć: 1) co przy danej pracy powinno być widziane, 2) jakie cechy powinno mieć oświetlenie, aby zapewnić najlepszą widzialność i 3) jakimi środkami należy ustalone warunki realizować.

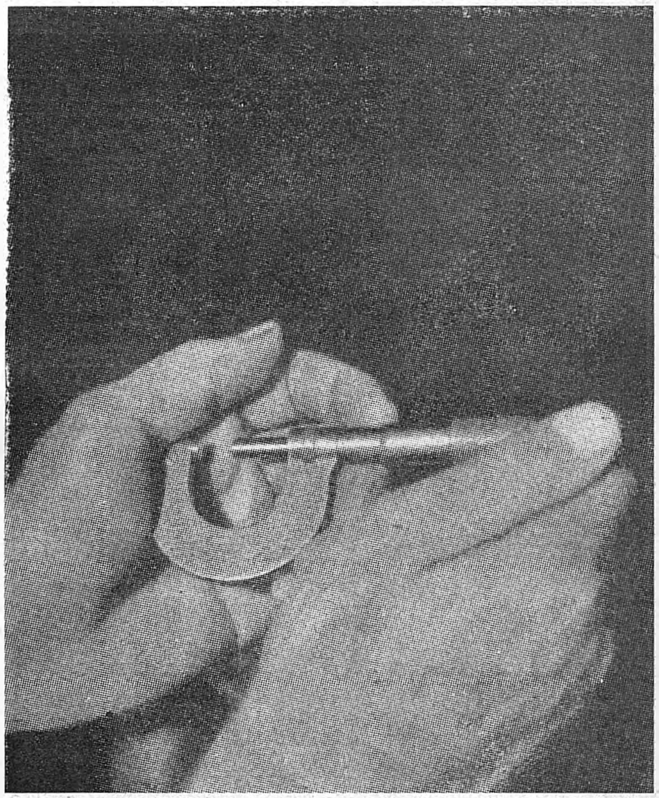
W każdej badanej pracy należy przede wszystkim wyszukać takie czynności, przy których widzenie jest najtrudniejsze, a które mają zasadniczy wpływ na przebieg i skuteczność pracy. Odnalezienie takich typowych czynności jest sprawą najbardziej istotną, gdyż od trafności ich oceny zależy cały rezultat badań. Dlatego konieczne jest tu dokładne zapoznanie się z całym procesem wytwórczym i przeprowadzenie analizy wszystkich czynności. Następnie należy rozstrzygnąć, co ma być przy wykonywaniu tych typowych czynności spostrzegane czy rozróżniane. Może to być szczegół jak np. rysa lub skaza na powierzchni metalu, ścieg nitki przy szyciu, napis na półce w składzie lub zjawisko jak np. zmiana barwy w jakimś procesie chemicznym.

Wymagania dotyczące oświetlenia (jasność, barwa światła, kierunek padania światła, stopień jego rozproszenia itp.) ustala się na podstawie analizy wymienionych poprzednio czynników widzialności, wynikających z fizycznych cech przedmiotu, warunków pracy oraz otoczenia przedmiotu obserwacji. Najczęściej trudność widzenia występuje przy pracach wymagających rozróżnienia bardzo drobnych szczegółów przy słabym kontraście tego szczegółu z tłem (przykład — prace grawerskie). W tych wypadkach należy stosować duże wartości jasności, gdyż zarówno ostrość widzenia, jak zdolność rozpoznawania kontrastów rośnie ze wzrostem jasności. Należy jednak szukać specjalnych rozwiązań, które często radykalnie polepszają widzialność. Np. przy kontroli arkuszy papieru ściernego dobrą widzialność wad wykonania (nierównomierność ułożenia materiału ściernego) można uzyskać tylko przy pomocy światła padającego ukośnie.

Po ustaleniu zasadniczych cech oświetlenia można przystąpić dopiero do wyboru środków, przy których pomocy cechy te będą mogły być uzyskane. Środki te sprowadzają się do zastosowania odpowiednich źródeł światła i opraw oświetleniowych oraz odpowiedniego ich rozmieszczenia. Przy rozwiązywaniu tego zagadnienia należy mieć także na uwadze możliwie jednolity i estetyczny wygląd pomieszczenia.



Rys. 3. Dobra widzialność podziałki mikromierza przy oświetleniu miejsca pracy za pomocą oprawy pokazanej na rys. 2



Rys. 4. Zła widzialność podziałki mikromierza przy oświetleniu miejsca pracy za pomocą zwykłego reflektora emaliowanego

Badając oświetlenie pewnego typu warsztatów przemysłu metalowego w Stanach Zjednoczonych, przeprowadzono analizę czynności występujących w pracach narzędziowni, w pracach na różnego typu obrabiarkach, wreszcie w operacjach kontroli przedmiotów metalowych. Stwierdzono, że w tych różnych pracach istnieją wspólne czynności typowe, które nastręczają jednakowe trudności widzenia. Dokładność prac na obrabiarkach zależy bowiem przede wszystkim od dokładności ich ustawienia, a zatem od starannego i bezbłędnego wykonania odczytu podziałek, a mniej od obserwacji pracy narzędzia i jego ruchów.

Tablica I. Porównawcze zestawienie jasności

Druk czcionkami na 8 punktów *)	100 lx
Własnoręczne pismo ołówkiem	200 „
Tekst gazet	300 „
Księgowość	350 „
Kreślenie	400 „
Maszyny biurowe	500 „
Średniej wielkości montaż i kontrola	630 „
Polerowanie metali	800 „
Biała nitka na białej tkaninie	1000 „
Szlifowanie powierzchni metalu	1700 „
Użycie stalowej miary o podziałce 1/64 cala	1800 „
Dokładne docieranie powierzchni metalowych	2200 „
Rozróżnienie czarnej nitki na czarnej tkaninie	4250 „
Wykonanie precyzyjnego przeciągadła cienkich drutów	7000 „

*) Wzór druku na 8 punktów czcionkami Bodoni: **druk na 8 punktów czcionkami Bodoni**.

Z analizy tych czynności wynikło następnie, że zasadniczym zadaniem dla wzroku przy większości prac w przemyśle tego typu jest rozróżnianie szczegółów na płaskich i wypukłych powierzchniach metalu, jak nacięcia podziałek na skalach, mikromierzach, napisy, cechy, znaki fabryczne na materiałach, rysy traserskie, wreszcie różne ślady uszkodzeń powierzchni metalowych. Najlepsze warunki widzenia dla takich czynności otrzymano przy zastosowaniu opraw oświetleniowych o wielkiej powierzchni świecącej, lecz o małej i równomiernie rozłożonej jaskrawości, umieszczonych nad miejscem pracy (rys. 2). Stwierdzono, że widzialność przy jasności 400 lx otrzymanych z tego typu oprawy (rys. 3) jest lepsza niż przy jasności 1000 lx otrzymanych z oprawy o małej powierzchni świecącej i dużej jaskrawości, a takie właśnie oprawy stosowano zwykle do oświetlenia miejsc pracy (rys. 4).

Wyniki osiągnięte dzięki racjonalizacji oświetlenia należy starać się ujmować w cyfrach. Będzie to możliwe przez ocenę wydajności pracy, czasu potrzebnego na jej wykonanie, jakości produkcji, ilości braków, liczby wypadków przy pracy, wielkości ponoszonych kosztów — przed i po przeprowadzeniu racjonalizacji oświetlenia. Porównanie takie wymaga, oczywiście, długiego czasu obserwacji, aby mogło być miarodajne.

Rozwiązanie specjalnych zagadnień oświetleniowych oraz opracowywanie rozwiązań typowych dla całych gałęzi przemysłu są zawsze rezultatem prac długotrwałych i kosztownych, przeprowadzanych na terenie wybranego dla tego celu zakładu przemysłowego oraz przy pomocy badań wykonywanych w warunkach laboratoryjnych. Prace tego typu powinny być wykonywane przez specjalne instytucje badawcze i w założeniu, że rezultaty tych badań będą następnie wykorzystane przez wszystkie zainteresowane zakłady przemysłowe.

4. Poziom jasności.

Odpowiednia jasność w miejscu pracy oraz w pozostałej części pomieszczenia jest zasadniczym czynnikiem dobrego widzenia. Od jej wartości zależy bowiem jaskrawość przedmiotu pracy i rozkład jaskrawości w polu widzenia pracującego. (Jaskrawość powierzchni przedmiotu jest proporcjonalna do iloczynu wartości jasności i współczynnika odbicia światła tej powierzchni). Oko ludzkie przystosowane jest do wielkich jasności światła dziennego pod gołym niebem. Osiągane w pomieszczeniach przemysłowych przy pomocy oświetlenia sztucznego wartości jaskrawości są znacznie niższe od tych, przy których rozpoznawanie bardzo drobnych szczegółów i małych kontrastów jest najlepsze (szczególnie przy ciemnych materiałach).

W tabl. I podane są według M. Luckiescha jasności, które musiałyby być osiągnięte w miejscu pracy, aby widzialność potrzebna do wykonywania wymienionych w tablicy czynności była taka sama, jak widzialność druku na białym papierze przy wielkości czcionek odpowiadającej 8 punktom, odczytywanego z odległości 35 cm i przy jasności 100 lx. Wartość jasności określona została przy użyciu przyrządu do mierzenia widzialności, przy czym widzialność druku przy jasności 100 lx przyjęto tu jako wielkość porównawczą.

Idealne wartości jasności tj. takie, przy których łatwość wykonania pracy jest największa, a wkład wysiłku ludzkiego najmniejszy, mogą być określone w laboratoriach dla danego rodzaju pracy i warunków oraz danego oka obserwatora.

Tablica II. Wartości jasności zalecane przez poszczególne kraje (zestawione przez Sekretariat Międzynarodowego Komitetu Oświetleniowego, Kongres X w 1939 r.)

Rodzaj pracy	Stany Zjednoczone	Anglia	Niemcy	Czechosłowacja	Nowa Zelandia
	zalecenia I. E. S.	zalecenia I. E. S.	przepisy dla światła dziennego i sztucznego DLTG	normy ČSN - ESČ	projekt normy
	najmniejsza w toku użytkowania	przeciętna w toku użytkowania	zalecona	zalecona	zalecona
	lx	lx	lx	lx	lx
Precyzyjne	ponad 1000*)	ponad 500	1000 — 5000**)	250 — 1000	500 — 1000
Trudne i długotrwałe	500*)	250 — 500	300 — 1000**)	150 — 500	300 — 500
Dość trudne i długotrwałe	300	150 — 250	100 — 300**)	100 — 250	200
Zwykłe	200	100 — 150	150	80 — 150	150
Krótkotrwałe	100	60 — 100	80	40 — 80	100
Zgrubne	50	20 — 40	40	30 — 50	40 — 50

*) 200 lx oświetlenia ogólnego oraz specjalne oświetlenie dodatkowe.
**) W miejscu pracy (oświetlenie ogólne oraz specjalne oświetlenie dodatkowe).

Jasności stosowane w praktyce (które powinny w miarę postępu technicznego zbliżać się do tych wartości idealnych) są jednak wynikiem kompromisu, który uwzględnia wielkość kosztu oświetlenia, praktyczną możliwość wykonania urządzeń oświetleniowych i ich konserwacji.

Zalecane przez poszczególne kraje jasności według danych z 1939 r. zestawione są w tablicy II.

Radzieckie normy oświetlenia sztucznego przedsiębiorstw przemysłowych (przy pomocy żarówek) podają dla robót, wymagających rozróżniania drobnych szczegółów w wymiarach do 10 mm, wartości jasności według tabl. III. Tło jest ciemne według określenia tej normy, jeśli współczynnik odbicia światła jest nie większy od 0,2, a jasne, jeśli wartość tę przekracza. Kontrast jest mały, jeśli zarówno szczegół, jak i tło są ciemne lub jasne, a duży — jeśli szczegół jest jasny, a tło jest

ciemne lub odwrotnie. Norma podaje dalej, że dla prac wymienionych w podkategoriach Ib, Ic, IIa, IIb i IIIa wartości dla samego oświetlenia ogólnego należy podwoić jeśli praca odbywa się nieprzerwanie lub prawie bez przerw.

Również przy pracach określonych tymi kategoriami system samego oświetlenia ogólnego zaleca się stosować tylko tam, gdzie warunki technologiczne uniemożliwiają zastosowanie oświetlenia mieszanego (ogólnego i dodatkowego na miejscu pracy). Powyżej 500 lx samo oświetlenie ogólne nie może być stosowane (ze względów ekonomicznych).

Dla prac nad materiałami i przedmiotami samoświecącymi (np. w kuźniach, odlewniach, piecach martenowskich) norma podaje 50 lx jako najmniejszą wartość jasności, a dla prac zgrubnych wymagających rozróżniania szczegółów ponad 10 mm, prac polegających na ogólnym dozorze przebiegu procesu wytwórczego, wreszcie w składach dużych przedmiotów i ciał sypkich, odpowiednio — 20, 10 i 5 lx. Dla tego typu prac przewiduje się tylko ogólne oświetlenie.

T a b l i c a III. Wartości jasności przy pracach wymagających rozróżniania drobnych szczegółów o wymiarach do 10 mm (według normy radzieckiej GOST 3825-47)

Charakterystyka pracy	Kategoria	Podkategoria	Tło, na którym rozróżnia się szczegóły	Kontrast między szczegółem a tłem	Najmniejsza jasność lx: oświetlenie mieszane	Najmniejsza jasność lx: samo oświetlenie ogólne
Wymagająca rozróżniania szczegółów o wymiarach do 0,2 mm	I	a	ciemne	mały	500	niedopuszczalne samo oświetlenie ogólne
		b	ciemne jasne	duży mały	300	125
		c	jasne	duży	150	75
Wymagająca rozróżniania szczegółów o wymiarach od 0,2 do 1 mm	II	a	ciemne	mały	300	125
		b	ciemne jasne	duży mały	150	75
		c	jasne	duży	—	30
Wymagająca rozróżniania szczegółów o wymiarach od 1 do 10 mm	III	a	ciemne	mały	75	50
		b	ciemne jasne	duży mały	—	30
		c	jasne	duży	—	20

T a b l i c a IV. Najmniejsza wysokość zawieszenia opraw nad poziomem podłogi (według normy radzieckiej GOST 3825-47)

Typ opraw	Klosz rozpraszający	Bańka żarówki	Kąt ochronny	Najmniejsza wysokość zawieszenia opraw (w metrach) przy mocy żarówek do 200 W	Najmniejsza wysokość zawieszenia opraw (w metrach) przy mocy żarówek powyżej 200 W
Z reflektorami emaliowanymi oraz oprawy z reflektorami lustrzanymi o rozsyle głębokim	nie ma	przezroczysta	10—30⁰ ponad 30⁰	3,0 2,0	4,0 3,0
	nie ma	matowa	10—30⁰	2,5	3,5
	szkło matowe w strefie 0—90⁰	przezroczysta	do 20⁰ powyżej 20⁰	3,0 2,5	3,5 3,0
Z reflektorami lustrzanymi o rozsyle szerokim	nie ma	przezroczysta	dowolny	4,0	6,0
Z kloszami rozpraszającymi bez reflektorów	szkło mleczne w strefie 0 - 90⁰	przezroczysta	—	2,0	3,0
	szkło mleczne w strefie 60—90⁰	przezroczysta	—	3,0	4,0
	szkło matowe w strefie 0—90⁰	przezroczysta	—	3,0	4,0
Żarówki bez kloszów rozpraszających i reflektorów	nie ma	matowa	—	4,0	6,0

5. Oświetlenie ogólne.

Aby uzyskać dobre warunki widzenia, jaskrawość najbliższego otoczenia przedmiotu obserwacji (pole widzenia ograniczone kątem 60⁰) nie powinna zbytnio różnić się od jaskrawości tego przedmiotu, a jaskrawość powierzchni znajdujących się w pozostałym, szerszym polu widzenia nie może być mniejsza od 1/10 wartości jaskrawości przedmiotu. Wymaganie to powinno być spełnione przez zastosowanie odpowiedniego ogólnego oświetlenia. Ma ono ponadto zapewnić wystarczającą jasność w każdym miejscu pomieszczenia, aby ruch osób i transport przedmiotów odbywały się bezpiecznie i sprawnie. W miarę możności, jeśli miejsca pracy są w pomieszczeniu ustalone, oprawy do ogólnego oświetlenia powinny być tak rozmieszczone w pomieszczeniach, aby jasność na miejscu pracy była największa (oświetlenie ogólne zlokalizowane).

Najczęściej stosowanym systemem oświetlenia ogólnego w przemyśle jest oświetlenie bezpośrednie np. przy pomocy opraw z emaliowanymi reflektorami, często ze szkłami rozpraszającymi. Oświetlenie takie jest najbardziej ekonomiczne, a konserwacja urządzeń najłatwiejsza. W pomieszczeniu o jasnych sufitach i ścianach niezbyt wysokich, gdzie utrzymanie pomieszczeń i opraw oświetleniowych w należytej czystości nie jest zbyt trudne, korzystniej jest stosować oświetlenie przeważnie bezpośrednie, oświetlenia mieszane, a nawet przeważnie pośrednie.

Aby zmniejszyć olśnienie, które mogą powodować oprawy (z żarówkami) do ogólnego oświetlenia pomieszczeń, cytowana już norma radziecka określa najmniejszą wy-

sokość zawieszenia tych opraw nad poziomem podłogi (tabl. IV).

W pomieszczeniach gdzie wykonywane są tylko prace zgrubne lub gdzie pracujący znajdują się tylko przejściowo, wysokość zawieszenia może być zmniejszona o 0,5 m, nie może być jednak niższa niż 2 m.

Jeżeli kąt między płaszczyzną poziomą a kierunkiem, przy którym źródło światła przestaje być widoczne w oprawie, jest większy od 40^0 (kąt ochronny), to wysokość zawieszenia takich opraw nie jest przez normę ustalona.

6. Dodatkowe oświetlenie miejsc pracy.

Przy pracach, które wymagają dużych jasności, oświetlenie dodatkowe miejsc pracy jest najczęściej niezbędne. Powszechnie stosowane są do oświetlenia dodatkowego oprawy z żarówkami osłoniętymi małymi głębokimi reflektorami (kąt ochronny co najmniej 30^0), wykonane zwykle jako nastawne. Ostatnio jednak znajdują coraz szersze zastosowanie oprawy o wielkich powierzchniach świecących do żarówek, lamp rtęciowych, a szczególnie do lamp fluoryzujących. Przy stosowaniu żarówek lub lamp rtęciowych oprawy takie powinny być osłonięte od dołu szybą rozpraszającą w celu obniżenia jaskrawości (rys. 5) lub jeśli są otwarte — zaopatrzone w przesłony zapobiegające bezpośredniemu olśnieniu przez źródła światła. Oprawy tego typu instalowane są najczęściej nieruchomo na wysokości ok. 1 m nad miejscem pracy. Dają one silne i dość wszechstronne oświetlenie miejsca pracy jak również jego otoczenia, przy czym cienie są łagodne, a odblaski na błyszczących przedmiotach niezbyt jaskrawe.

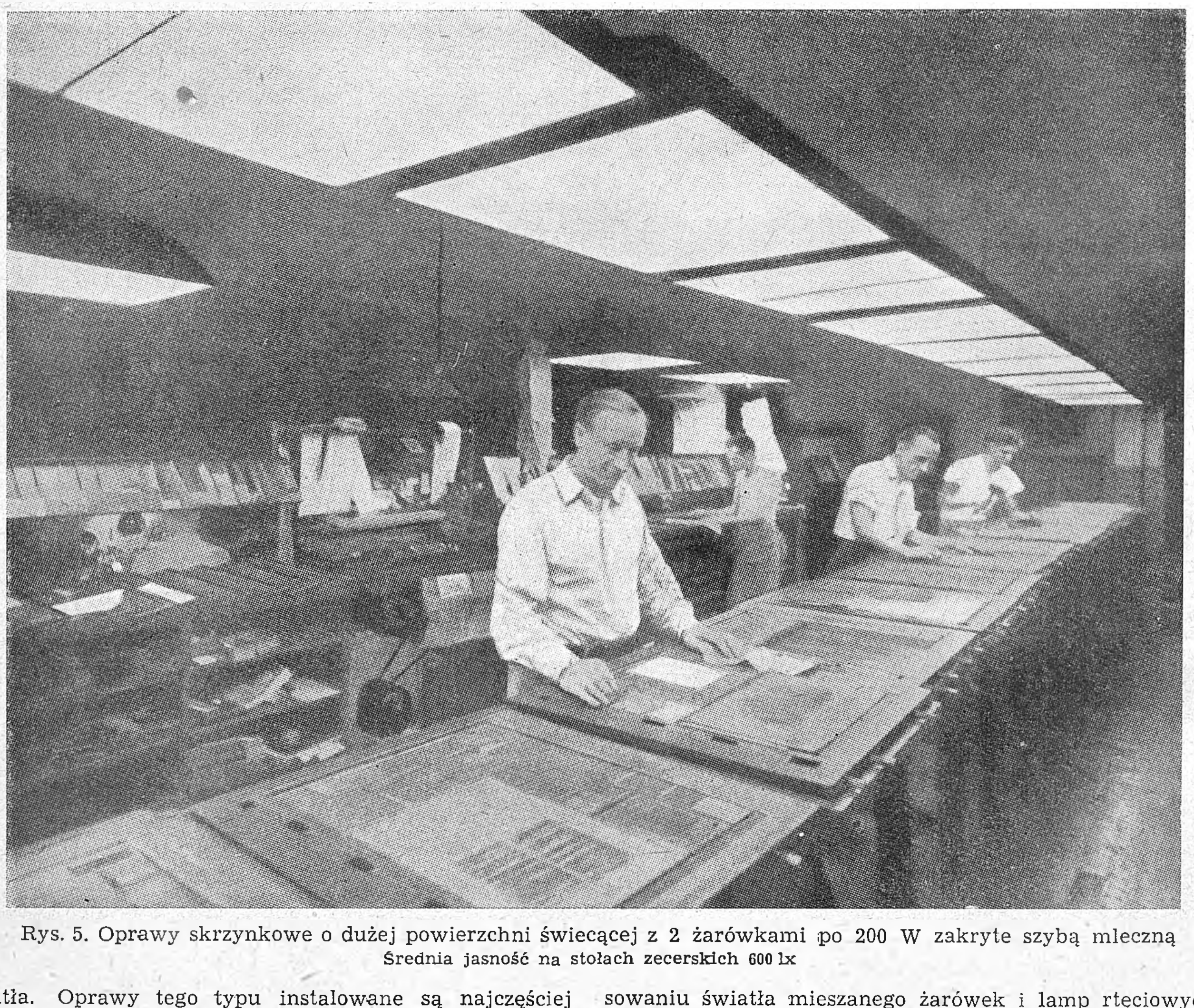
Oprawy nastawne z małymi głębokimi reflektorami stosowane są tam, gdzie konieczne jest oświetlenie dodatkowe płaszczyzn pionowych lub wgłębień niedostatecznie oświetlonych światłem padającym z góry lub tam, gdzie wymagane jest światło kierunkowe.

Należy stanowczo dążyć do tego, aby oświetlenie miejsca pracy było wszechstronne, tzn. aby nie wymagało od pracownika ciągłego nastawiania opraw przegubowych zależnie od kolejnych operacji, które są przez niego wykonywane. Przy stosowaniu opraw nastawnych zawsze istnieje obawa olśnienia pracowników zatrudnionych w innym miejscu warsztatu.

Aby należycie spełnić wymagania prawidłowego oświetlenia miejsca pracy zachodzi w wielu wypadkach potrzeba zastosowania opraw specjalnie dla danego celu opracowanych i wykonanych. Często takie oprawy znajdują szybko szerokie zastosowanie nie tylko w tej gałęzi przemysłu, dla której zostały opracowane, ale i w innych rodzajach przemysłu.

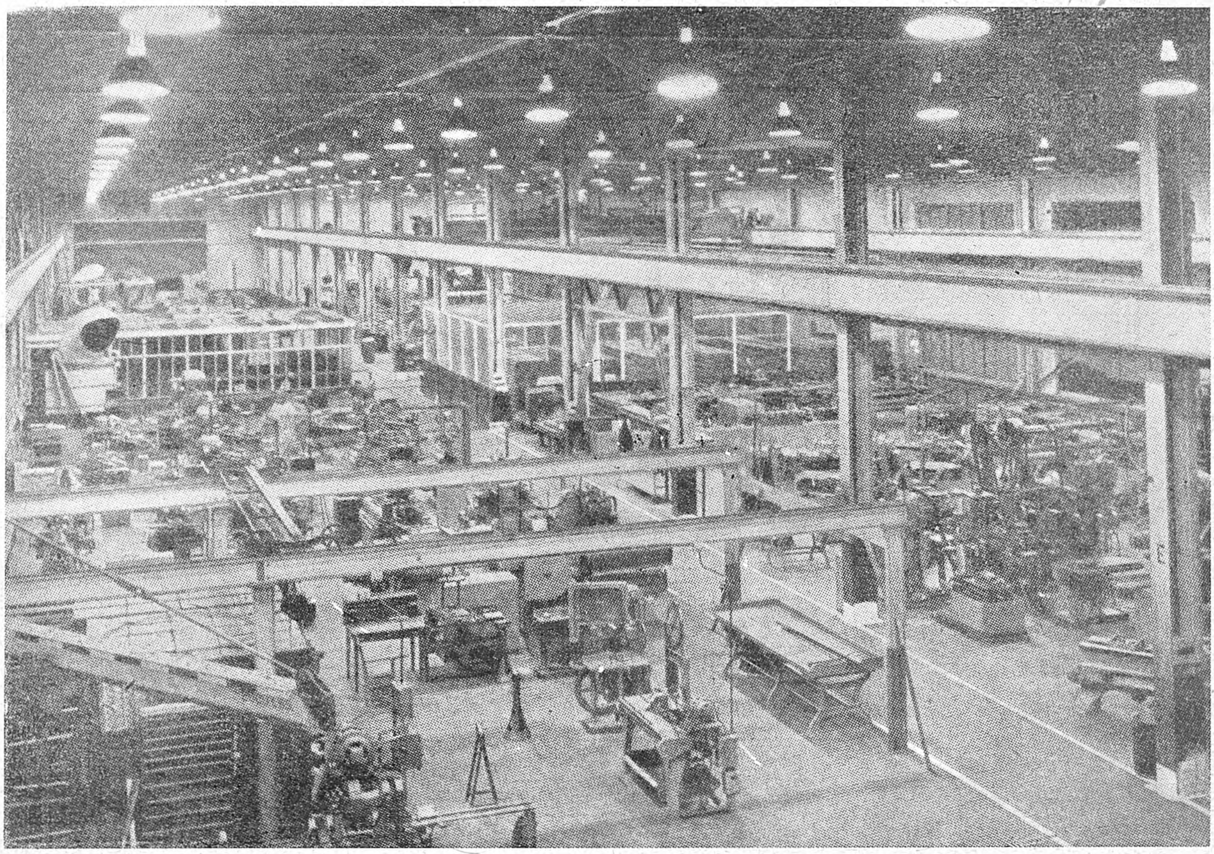
7. Źródła światła.

Poza żarówkami znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle lampy rtęciowe, szczególnie do ogólnego oświetlenia pomieszczeń tak ze względu na sprawność przeszło dwukrotnie większą od sprawności żarówek, jak dzięki łatwości zastosowania ich w oprawach do żarówek. Wymieniając częściowo żarówki na lampy rtęciowe lub dodając do istniejących opraw z żarówkami odpowiednią liczbę opraw z lampami rtęciowymi, można znacznie powiększyć poziom jasności bez wprowadzania zasadniczych zmian w instalacji oświetleniowej (rys. 6). Przy stosowaniu światła mieszanego żarówek i lamp rtęciowych, barwa światła może być odpowiednio dobrana do rodzaju prac i materiałów. Stosunek światła lamp rtęciowych do światła żarówek (w lumenach) stosowany jest często jak 2 : 1. Gdy trzeba jednak zbliżyć się do barwy światła dziennego, właściwszy jest stosunek 1 : 2. Lampy rtęciowe i żarówki mogą być umieszczane we wspólnej oprawie lub w oprawach osobnych, jednak należy zwracać uwagę na dobre zmieszanie się światła obu barw. Same lampy rtęciowe mogą być stosowane tylko tam, gdzie barwa światła nie jest czynnikiem istotnym, oraz tam, gdzie światło



Rys. 5. Oprawy skrzynkowe o dużej powierzchni świecącej z 2 żarówkami po 200 W zakryte szybą mleczną
Średnia jasność na stołach zecerskich 600 lx

rtęciowe wpływa korzystnie na łatwość rozróżniania materiałów jak np. przy kontroli galwanicznie uzyskanej (tj. tej, którą stwierdzono przy czystych oprawach, ścianach i sufitach).



Rys. 6. Oświetlenie ogólne przy pomocy wysoko zawieszonych głębokich opraw z lampami rtęciowymi po 400 W naprzemian z żarówkami po 1000 W
Średnia jasność w miejscach pracy 450 lx

powłoki chromowej na żelazie, przy selekcjonowaniu węgla i rud, przy kontroli powierzchni arkuszy blachy.

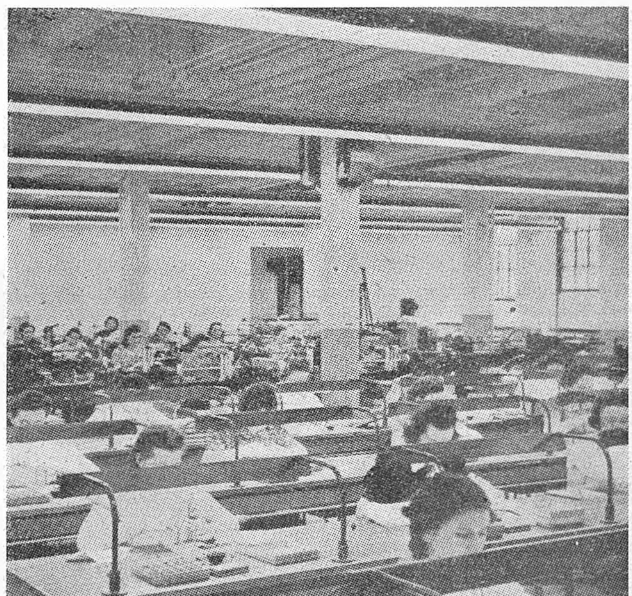
Podobnie światło sodowe może być stosowane tam, gdzie barwy nie muszą być rozróżniane, lub tam, gdzie światło monochromatyczne jest korzystne, np. przy czynnościach kontroli wyrobów włókienniczych. Najczęściej lampy sodowe stosowane są nazewnątrz budynków do oświetlenia terenów i składów przemysłowych.

Zastosowanie lamp fluoryzujących rozszerza bardzo możliwości techniki oświetlenia w przemyśle, a to dzięki dużej ich sprawności, barwie, która może być bardzo zbliżona do barwy światła dziennego, wreszcie stosunkowo małej jaskrawości. Stosuje się je zarówno do ogólnego oświetlenia pomieszczeń, jak i dodatkowego oświetlenia miejsc pracy (rys. 7). Według Electrical World (kwiecień 1949 r.) koszty oświetlenia żarówkami są około 33% wyższe niż przy oświetleniu lampami fluoryzującymi. Jako okres amortyzacji urządzeń oświetleniowych w przemyśle przyjęto w tej kalkulacji okres 8 lat.

8. Wady urządzeń oświetleniowych.

Powodem wielkiego marnotrawstwa energii elektrycznej w przemysłowych urządzeniach oświetleniowych jest często stosowanie niewłaściwych dla danych warunków źródeł światła, nieodpowiednich lub wadliwie wykonanych opraw oświetleniowych (najczęściej z powodu złej jakości materiałów odbijających i szkieł o zbyt małej przepuszczalności), niedostateczna i źle zorganizowana konserwacja urządzeń oświetleniowych, wreszcie wadliwie wykonana instalacja elektryczna, powodująca nadmierne spadki napięcia. Sprawa konserwacji ma w przemyśle szczególne znaczenie z tego względu, że warunki utrzymania w należytym stanie urządzeń oświetleniowych są tu na ogół niekorzystne.

Przy niewłaściwej konserwacji urządzeń oświetleniowych strata strumienia świetlnego może wynosić 50%. Oprawy oświetleniowe oraz sufity i ściany pomieszczenia powinny być zatem oczyszczane w takich odstępach czasu, aby jasność nie spadała poniżej 80% wartości początkowej



Rys. 7. Oświetlenie ogólne oraz dodatkowe miejsc pracy przy pomocy lamp fluoryzujących
Praca dokładna i trwająca nieprzerwanie, wymagająca dużej jasności w miejscu pracy oraz prawidłowego rozkładu jaskrawości w polu widzenia pracujących

Straty spowodowane nadmiernym spadkiem napięcia w instalacji wynikają z obniżenia się wydajności lamp elektrycznych. Spadek napięcia o 1% obniża strumień świetlny żarówek o 3,8%, lamp rtęciowych o 3%, sodowych o 1,4%, lamp fluoryzujących o 1,7% (w granicach 5% odchylenia od napięcia znamionowego).

Dokładna znajomość braków i wad istniejących urządzeń oświetleniowych w całym przemyśle stanowi cenny i podstawowy materiał dla właściwego zorganizowania i zaplanowania prac nad unowocześnieniem oświetlenia.

Charakterystyczne są dane dotyczące przemysłu niemieckiego z okresu 1937/38 r. (tabl. V). Stanowią one

Tablica V. Stan oświetlenia w przemyśle niemieckim według badań z 1937/38 r. (według M. K. Ośw., 1939 r.)

Rodzaje przedsiębiorstw	Oświetl. naturalne		Oświetl. sztuczne	
	dostateczne %	wymagające poprawy %	dostateczne %	wymagające poprawy %
Spożywcze	76	24	23	77
Włókiennicze i odzieżowe	76	24	21	79
Drzewne	78	22	13	87
Metalowe	75	25	27	73
Drukarnie i papiernie	74	26	12	88
Energetyka, komunikacja				
Administracja	70	30	14	86
Handlowe	74	26	21	79
Rzemieślnicze	86	14	11	89
Chemiczne, skórzane, inne	82	18	26	74
Przeciętnie	77	23	19	81

wynik inspekcji dokonanej przez fachowców w ok. 1500 przedsiębiorstwach. Rzuca się w oczy mały procent przedsiębiorstw, których oświetlenie sztuczne było dostateczne.

Interesujące jest również zestawienie procentowe typowych wad, z którymi spotkano się w przemyśle niemieckim podczas inspekcji w okresie 1938/39 r. (tabl. VI).

Prace nad utrzymaniem urządzeń oświetleniowych w należytym stanie oraz nad wprowadzaniem ulepszeń powinny być prowadzone w sposób ciągły na terenie

Tablica VI. Typowe wady oświetlenia w przemyśle niemieckim zestawione na podstawie badań z 1938/39 r. (M. K. Ośw. 1939 r.)

Zbyt mała jasność	41%
Niekorzystne cienie	21%
Niewłaściwy kierunek światła	19%
Olśnienie	12%
Światło migające	7%
	100%

każdego zakładu przemysłowego. Organizacja tych prac w dużych zakładach przemysłowych powinna być powierzona inżynierowi elektrykowi, odpowiedzialnemu za stan urządzeń oświetleniowych fabryki. Poza pracami nad polepszeniem warunków oświetleniowych do stałych jego czynności powinno należeć uzupełnianie planów i opisów urządzeń oświetleniowych, gromadzenie dokumentacji technicznej oraz okresowa kontrola poziomu jasności i stanu urządzeń oświetleniowych. Oczywiście, konieczne jest, aby fabryka mogła dysponować odpowiednimi przyrządami pomiarowymi, a przede wszystkim luksomierzami.

LITERATURA

Comité d'études sur la pratique de l'éclairage. Internationale Beleuchtungskommission, Scheveningen, 1939, tom I (refer. 62b, Stany Zjednoczone)
Dates H. B. & Brown W. C. Fundamental approach and specifications for lighting industrial processes. Internationale Beleuchtungskommission, Scheveningen, 1939, tom II
Luckiesch M. i Moss F. K. Visibility and its significance in the lighting art. Internationale Beleuchtungskommission, Scheveningen, 1939, tom II
Luckiesch M. Light, Vision and Seeing. D. Van Nostrand 1948
Predprijatja promyszlennyje. Normy iskustwiennowo oswieszczenja łampami nakaliwanja. Gosudarstwiennyj Obszczesojuznyj Standart GOST 3825—47
Prumyslové osvetlovaní. C. S. N. — E. S. C., 54 — 1949

MGR INŻ. BRONISŁAW MICHELIS (Łódź)

Z zagadnień oświetleniowych w przemyśle włókienniczym

Treść. Analiza wymagań przemysłu włókienniczego od dobrego oświetlenia i jego doniosłość gospodarcza. Główne podstawy racjonalnego projektowania oświetlenia, jego wykonywania, konserwowania, badania wykonanych instalacji i wyciągania stąd wniosków i wytycznych na przyszłość, wszystko pod kątem szczególnych wymagań przemysłu włókienniczego i z uwzględnieniem stosowania nowoczesnych lamp fluoryzujących.

Осветительные проблемы в текстильной промышленности. Анализ требований предъявляемых текстильной промышленностью к хорошему освещению и важность такого освещения с хозяйственной точки зрения. Главные основы правильного проектирования освещения, правильного выполнения осветительной установки, ухода за ней и контроля с целью получить указания для будущего — все это с точки зрения специальных требований текстильной промышленности и в особенности при применении новейших флуоресцентных ламп

The lighting problem in the textile industry. An analysis of the requirements of the textile industry in so far as lighting is concerned and its economic importance. The main principles of the rational planning of lighting, the carrying out of installations and their maintenance, the testing of installations, with the consequent deduction of conclusions and the determination of directives for the future, — all this from the point of view of the requirements of the textile industry and with due allowance for the application of modern fluorescent lighting.

Wymagania, stawiane przez przemysł włókienniczy technice oświetleniowej, są bardzo duże, a zaspokojenie ich niełatwe, lecz rokujące duże korzyści; bez wątpienia spośród szeregu przemysłów włókienniczy zajmuje pod tymi względami wybitne miejsce. Tłumaczy się to następującymi okolicznościami:

a) różnorodne i daleko idące wymagania co do dobrego oświetlenia podyktowane są konstrukcją maszyn wytwórczych, na ogół skomplikowanych, częstokroć wysoce precyzyjnych, jak np. w dziedzinie dziewiarstwa i pasmanterii, i wymagających przy obsłudze bacznego obserwowania różnych drobnych poruszających się części maszyny w rozmaitych jej punktach, przerabiających delikatny a drogocenny materiał;

b) wykonywanie przez pracownika ruchów, powodujących częstokroć cienie na obserwowanym i poddanym manipulacji miejscu od głowy tegoż pracownika;

c) duże potrzebne na ogół jasności w miejscach pracy;

d) sprzeczność pomiędzy zaletami oświetlenia miejscowego i ogólnego, z których żadne nie jest w stanie samo w zupełności sprostać wymaganiom włókiennictwa;

e) stwierdzona dopiero niedawno wrażliwość wzroku ludzkiego przy pracy we włókiennictwie na odcienie zabarwienia światła fluoryzującego.

f) dążność w przemyśle włókienniczym do przejścia z wprowadzonej już pracy dwuzmianowej na trzyzmianową.

Należy niestety stwierdzić, że zagadnienie należytego oświetlenia w przemyśle włókienniczym było dotychczas na ogół niedoceniane przez świat elektryków oświetleniowych i pozostawiane częstokroć do uznania kół niedostatecznie kompetentnych i niezdających sobie sprawy z wymagań, trudności technicznych i ważności gospodarczej problemu; dopiero zapoznanie się bliższe z tematem, dokładne przestudiowanie szczegółów, zwłaszcza podczas pracy różnorodnych maszyn, da możność elektrykowi

oświetleniowemu podnieść jakość oświetlenia na należyty poziom. Należy się spodziewać, że prace, dokonane na tym odcinku przez Komisję racjonalizacji oświetlenia w przemyśle włókienniczym, a zainicjowane przez ob. wicemin. H. Golańskiego, i zachęta dana tą drogą do współpracy kołom inżynierów-elektryków, jak również raptowny postęp techniczny w dziedzinie oświetleniowej przez wprowadzenie lamp fluoryzujących, przyniosą szybką, znaczną, a tak pożądaną poprawę.

Znaczenie gospodarcze zagadnienia uprzytomnimy sobie, jeżeli zważymy:

1) że 2—2,85-krotne zwiększenie jasności w miejscach pracy zwiększa według źródeł radzieckich produkcję o 13,5 do 14%, a według innych danych radzieckich o 4 do 7%;

2) że systematyczne badania, przeprowadzone w bieżącym roku w jednej z większych tkalni łódzkich, wykazały wpływ całkowitej racjonalizacji oświetlenia, tj. ochrony wzroku, usunięcia cieni i zwiększenia jasności, na wzrost produkcji do 10,4%;

Tablica I. Podział godzin pracy rocznej

	Przy 2-zmianowej pracy	Przy 3-zmianowej pracy
Liczba godzin pracy dziennych w roku	3145	3335
Liczba godzin pracy ciemnych w roku	1335	3385
Razem	4480	6720

3) że podział roczny godzin pracy na dzienne i przy sztucznym oświetleniu jest dla Polski środkowej przy 292 dniach roboczych taki, jaki podano w tabl. I.

Jeśli przyjąć dla przykładu zwiększenie produkcji wskutek poprawy oświetlenia o 10%, to całoroczna produkcja wzrośnie:

a) przy 2-zmianowej pracy o $\frac{10 \cdot 1335}{4480} = 2{,}92\% \cong 3\%$

b) przy 3-zmianowej pracy o $\frac{10 \cdot 3385}{6720} = 5{,}05\% \cong 5\%$

Wobec dążności do podwyższania wielozmianowości w przemyśle włókienniczym liczby powyższe nabierają szczególnego znaczenia.

Przechodząc od tych wstępnych uwag do rozważenia całokształtu naszych zagadnień, rozłóżmy je na składowe części i omówmy z każdej najważniejsze szczegóły i bolączki.

Projektowanie. Przyjmując właściwości lamp fluoryzujących za znane, zajmiemy się właściwym tematem, nie wchodząc jednak w szczegóły. Kolejność wymagań od dobrego oświetlenia jest zależnie od stopnia ich ważności następująca:

1. Ochrona wzroku pracowników od bezpośrednich promieni źródła światła. Wymaganie to ułatwione jest przy stosowaniu lamp fluoryzujących, ponieważ odznaczają się one małą jaskrawością.

2. Unikanie tworzenia się cieni od poruszającego się przy swych czynnościach pracownika (głównie głowy) w obserwowanym miejscu pracy. Wymaganie to również ułatwione jest przy stosowaniu lamp fluoryzujących, ponieważ podłużny ich kształt daje łagodniejszy cień niż punkt świetlny żarówek. Zachodzi tu zasadnicze pytanie, czy należy stosować przy wyborze systemu oświetlenia miejscowego kierunek umieszczania rur fluoryzujących wzdłuż maszyn o podłużnym charakterze pracy (np. obrączniarki, wrzecioniarki), czy też w poprzek; pytanie to rozstrzygnięte zostanie drogą prób.

(Należy szczególnie podkreślić, że wymienione wyżej dwa pierwsze wymagania od dobrego oświetlenia dotychczas bywały lekceważone i najczęściej zupełnie zaniedbywane).

3. Wielkość jasności w miejscu pracy — w płaszczyźnie poziomej lub pionowej zależnie od charakteru pracy.

4. Równomierność jasności w polu pracy.

5. Wielkość jasności w miejscu pracy powinna wzrastać ze wzrostem oświetlenia ogólnego, w szczególności ze wzrostem jasności pionowej w otoczeniu.

Wymaganie w p. 1 oparte jest na znanej właściwości fizjologicznej (akomodacji) oka ludzkiego, którego źrenica kurczy się mniej lub więcej zależnie od jaskrawości źródła światła, gdy jego promienie trafiają przez źrenicę na siatkówkę. Ważność jego wyjaśnia tabl. II z podręcznika „Electric Illumination Handbook" by the Lighting Service Bureau, 1947, przedstawiająca niewykorzystanie w % jasności miejsca pracy wskutek akomodacji oka, rażonego przez promienie z nieosłoniętego źródła światła.

Tablica II. Złe wyzyskanie światła wskutek rażenia wzroku

Kąt pomiędzy kierunkiem od oka do źródła światła i od oka do rozpatrywanego miejsca pracy	Procent niewyzyskanej jasności (praktyczna strata jasności)
5^0	84%
10^0	69%
20^0	53%
40^0	32%
źródło zasłonięte	0

Punkt 2 wymaga przeprowadzenia przez projektującego studiów przy pracujących maszynach, jeżeli ich działanie i ruchy obsługi nie są projektującemu dokładnie znane.

W sprawie p. 3 dane w literaturze są b. rozbieżne, nieścisłe i — co najciekawsze — podległy w ostatnich latach od czasu rozpowszechnienia się na Zachodzie lamp fluoryzujących gwałtownemu skokowi wzwyż, który się nie da wytłumaczyć jedynie trzykrotnie wyższą sprawnością tych lamp, dającą pochop do rozrzutności, gdyż wszystkie kraje bez wyjątku cierpią na głód energetyczny. Rozbieżność ta uwidoczniona jest w tabl. III.

W literaturze nie spotyka się danych, przedstawiających liczbowo wymagania co do p. 5, z wyjątkiem przytoczonej dopiero co tabelki z podręcznika The Lighting Service Bureau, która odzwierciadla tylko zasadę, oraz następującej za nią uwagi: kontrast pomiędzy jasnością przedmiotu pracy a otoczenia (np. stoły warsztatowe, kadłuby maszyn, ściany w linii wzroku pracownika) — tak pożądany dla lepszej ostrości widzenia przedmiotu — nie powinien jednak przekraczać stosunku 10:1, aby nie powodować wrażenia niewygody.

Tablica III. Jasność w miejscu pracy

	Dane radzieckie z 1946 r. dla lamp żarowych (lx)	Dane angielskie z 1945 r. dla lamp fluoryzujących (lx)	Dane amerykańskie z 1947 r. dla lamp fluoryzujących (lx)
Zgrzeblenie, czesanie i wyciąganie	10	70	100
Wrzecioniarki	25	70	200
Przędzarki obrączkowe	50	100	200
Przędzarki wózkowe	40	100	200
Krosna	50	100/200	100/200

Pragnąc rozświetlić ten chaos i wypełnić lukę dla potrzeb projektujących, autor niniejszego artykułu przyszedł przed 1½ rokiem do przekonania, że należy opierać się przy projektowaniu nie na samych danych z podręczników w sprawie przepisywanych jasności, lecz liczby te wyprowadzić z badań praktycznych, tzn. wyznaczyć doświadczalnie najsłabsze oświetlenie, wystarczające do wykonywania dostatecznie dobrze danej pracy, i określić to oświetlenie zmierzoną za pomocą fotometru jasnością oraz szczegółami układu technicznego. Jako kryterium dostateczności oświetlenia mogłyby służyć pomiary wydajności, które jednak sprzężone są z tylu trudnościami ruchowymi i czynnikami ubocznymi, mogącymi zniekształcić wyniki, że należy oddać pierwszeństwo okulistycznym badaniom reagowania wzroku pracownika przy rozpatrywanym oświetleniu. Idąc dalej tą drogą rozumowania, wyprowadzono związek matematyczny pomiędzy

minimalną potrzebną jasnością poziomą, pochodzącą wyłącznie od miejscowego oświetlenia, a dodatkiem potrzebnym do tej jasności w razie zastosowania dodatkowo oświetlenia ogólnego, — przy pomocy paru pomiarów okulistycznych, wyrażających wpływ na pomniejszenie ostrości widzenia poziomego od jasności pionowej na sali.

Powyższe koncepcje znalazły potwierdzenie swej słuszności w wynikach podróży techniczno-badawczej do Szwajcarii, odbytej w październiku rb. przez delegację C. Z. P. B. Okazuje się, że w kołach elektrotechniczno-włókienniczych Szwajcarii powzięto wątpliwość co do słuszności porównywania pomiarów dwóch jasności dokonywanych fotometrem: jednej pochodzącej od żarówek, a drugiej — od lamp fluoryzujących, i to od rur różnie zabarwionych; wynikałoby, że mierzony fotometrem luks pochodzenia żarówkowego nie jest dla wzroku ludzkiego równoważny z luksem pochodzenia fluorescencyjnego; ponadto różnią się pomiędzy sobą intensywnością oddziaływania na siatkówkę oczną promienie fluorescencyjne różnych zabarwień.

W wyniku tego rozumowania powzięto decyzję — jako miarodajne kryterium praktycznej jakości i natężenia oświetlenia — wybrać badania i pomiary oftalmologiczno-psychotechniczne. Badania te, dokonane w firmie Habis-Textil A. G. we Flawil, wykazały, że kolor światła fluorescencyjnego czysto biały jest gorszy w pracy o około 30% od koloru blado-pomarańczowego, przy tym samym zużyciu mocy (w watach) i tym samym naświetleniu (w luksach), pozwalając na lepsze odróżnianie szczegółów w tkaninie i mniej męcząc wzrok.

Stopień zmęczenia siatkówki mierzono specjalnym instrumentem używanym w optyce fizjologicznej — adaptometrem. Pomiary wykazały, że ten sam stopień zmęczenia wzroku przy pracy następuje:

przy świetle naturalnym dziennym	po 8 godzinach
przy świetle fluoryzującym koloru dziennego	po 2 „
przy świetle fluoryzującym koloru żółtawego	po 4½ „

Byłoby interesujące mieć analogiczne porównawcze dane dla światła żarzeniowego w celu przekonania się, czy słuszne jest przypuszczenie, że dwie jednakowe jasności (w luksach) — jedna od żarówek, a druga od lamp fluoryzujących tego samego zabarwienia — nie są równoważne dla oka ludzkiego i że przy drugiej gorzej się pracuje, a przeto dla wyrównania różnicy użytkowej trzeba by tą drogą wzmocnić.

W konsekwencji powyższych badań zastosowano w wymienionej fabryce lampy dwururowe z jedną rurą białą i jedną blado-pomarańczową. Oprawy zastosowano korytkowe, otwarte, emaliowane. Gołych rur w salach fabrycznych nie stosuje się — natomiast w biurach i magazynach wprowadzono następującą instalację, która wywiera dodatnie wrażenie: rury fluoryzujące bez reflektorów mają nałożone posrebrzone krążki blaszane na podobieństwo rur żebrowych; chroni to wzrok od wszelkiego blasku i wygląda bardzo estetycznie.

R e a l i z a c j a. Przy wykonywaniu instalacji szczególnie ważne jest dopilnowanie, by rozmieszczenie punktów ściśle odpowiadało rysunkom wykonawczym planu technicznego, i sprawdzenie przy rozpoczęciu robót, czy podstawowe warunki — nierażenie oczu pracownika i nietworzenie cieni na miejcu pracy — będą dotrzymane.

K o n s e r w o w a n i e i e k s p l o a t a c j a. Do najelementarniejszych obowiązków należy periodyczne oczyszczanie żarówek, lamp i opraw, gdyż zaniedbanie tego powoduje spadek użytecznego strumienia świetlnego, zwłaszcza w pomieszczeniach zapylonych, częstokroć do 70%, oraz sprawdzanie, czy spadek napięcia w sieci podczas szczytowego obciążenia nie przekracza dozwolonej granicy; gdyby tak było, należy przedsiębrać odpowiednie środki.

B a d a n i e w y k o n a n y c h i n s t a l a c j i. Bardzo się zalęca, aby przedsiębiorstwa dostarczające urządzeń oświetleniowych dokonywały obowiązkowo lustracji wykonanych przez siebie instalacji w pół roku po ich uruchomieniu pod kątem wykrycia ewentualnych usterek i odchyleń od projektu wykonawczego — w celu wzbogacenia doświadczenia wyciągniętymi z tych lustracji wnioskami i zdobycia tym samym lepszych podstaw do projektowania.

MGR INŻ. WŁADYSŁAW FELHORSKI
(GIEI)

Uwagi krytyczne o badaniu wpływu oświetlenia na pracę tkaczy

T r e ś ć. Przypomniawszy pokrótce o dawnych doświadczeniach w sprawie racjonalnego oświetlenia fabryk włókienniczych w różnych krajach, autor podaje opis prób oświetleniowych w tej samej dziedzinie, dokonanych w Polsce. Przytoczone są wyniki prób oraz wskazówki, jak powinny się odbywać przyszłe podobne próby oświetleniowe.

Критические замечания в связи с попытками изучить влияние освещения на производительность ткачей. Указавши вкратце на прежние исследования в разных странах в области рационального освещения текстильных фабрик, автор описывает испытания, предпринятые в этой области в Польше Приводятся результаты испытаний и даются указания, как надлежит поставить подобные исследования в будущем

Critical remarks on research as to the influence of lighting on the work of weavers. After briefly referring to former experiments carried out in respect of rational lighting of textile mills in various countries, the author describes the lighting trials carried out in Poland for a similar purpose. Test results are quoted and indications given as to the way in which subsequent lighting trials should be carried out.

Rozwiązanie zagadnienia oświetlenia pomieszczeń wytwórczych wymaga wnikliwej analizy, gdyż od charakteru roboty zależy, jaki jego rodzaj będzie właściwy. Niejednokrotnie trzeba przy tym poddać analizie warunki pracy wzrokowej robotnika, a więc przebiegi z natury swej złożone. Nie zawsze szczegóły urządzenia oświetleniowego dają się wszystkie określić w drodze rozumowania; wtedy trzeba uciec się do obserwacji i doświadczeń. Obserwacje mogą być przeprowadzane tylko w samych zakładach pracy, w toku procesów wytwórczych. Tu zaś nie możemy na ogół stwarzać warunków, jakie uważamy dla obserwacji za najwłaściwsze, a indywidualne cechy pomieszczenia pracy mogą mieć wpływ na wyniki obserwacji — wpływ, którego często nie da się usunąć przez analizę tych wyników. Co więcej, obserwacje podczas procesu wytwórczego nad materiałem, przeznaczonym na rynek, nie zawsze są możliwe, gdyż mogą wpłynąć hamująco na wydajność pracy lub też na jakość produkcji.

Względy powyższe powodują czasem potrzebę zastąpienia obserwacji w warsztacie wytwórczym doświadczeniem przy pomocy urządzenia specjalnie stworzonego dla celów próby. Eksperymentator może tu zrealizować takie warunki pomiarów, jakie uważa za słuszne, i może zmieniać te z nich, które okażą się w toku badań niewłaściwe. Eksperymentator nie ma tu żadnego z tych ograniczeń, które odbierają mu swobodę ruchów i zwichrzają pożądany ich kierunek przy obserwacjach, dokonywanych w warsztatach wytwórczych. Taka swoboda eksperymentowania nakłada jednak na badacza bardzo ciężkie obowiązki, musi on bowiem czuwać, aby nie oddalić się przypadkiem od warunków, w których praca wzrokowa jest wykonywana w praktyce wytwórczej, a przeciwnie jak najbardziej się do nich przybliżyć.

Ciekawym przykładem podobnych prób laboratoryjnych są badania przeprowadzone nad racjonalnym oświetleniem krosien tkackich przez placówkę badań gospodarki świetlnej, zorganizowaną przy Instytucie psychotechniki przemysłowej Politechniki w Berlinie łącznie z zakładami „Osram" w r. 1930 i następnych *).

*) G o l d s t e r n N. u. P u t n o k y F. Die wirtschaftliche Beleuchtung von Webstühlen; neue arbeitstechnische Untersuchungen (L i c h t u n d L a m p e, 1930, z. 25 i 26, oraz 1931, z. 1 i 2).
G o l d s t e r n N. u. P u t n o k y F. Die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung in Seiden- und Kunstseiden-Webereien (L i c h t u n d L a m p e, 1932. z. 23, 24 i 25).
W i t t i n g E. Neuartige wirtschaftliche Webstuhlbeleuchtung (S i e m e n s - Z e i t s c h r i f t, 1932, nr 6, str. 206—209).

Pomieszczenie laboratoryjne było podzielone przegrodą na dwie komory z otworem w środku, zasłoniętym z jednej strony badaną powierzchnią, złożoną z naciągniętej przędzy, a z drugiej strony tłem, na którym przędza była oglądana. To urządzenie pozwalało na swobodne zmienianie oświetlenia przedmiotu i oświetlenia tła, każdego oddzielnie, w bardzo szerokich granicach, skokami (0,1 — 1 — 10 — 100 — 1000 lx). Próby były wykonywane przy trzech rodzajach oświetlenia: pośrednim, „normalnym" bezpośrednim i skośnym. Przeprowadzono badania nad wpływem wartości kontrastów i jaskrawości, cienistości, grubości i odstępów na szybkość przeliczania nici oraz nad wpływem oświetlenia na rozpoznawanie braków.

Rys. 1 podaje próbę badania przy różnym oświetleniu. Próby wykonywali studenci i asystenci politechniki, zwracano przy tym uwagę na stan ich wzroku oraz ogólny stan organizmu. Chodziło o ustalenie reakcji przy wzroku możliwie zbliżonym do normalnego i nie podczas pracy trawiennej organizmu.

Wyniki badań wykazały następujące zjawiska:

1) Na ogół sprawność spostrzegania poszczególnych nici i braków wzrasta z jaskrawością. W zakresie 3.10^{-6} — 3.10^{-4} sb, tj. przy spółczynniku odbicia ϱ w zakresie jasności $\frac{1}{\varrho} \cdot 0{,}1 - \frac{1}{\varrho} \cdot 10$ luksów sprawność wzrasta gwałtownie; w granicach jaskrawości 3.10^{-4} — 3.10^{-2} sb, tj. przy spółczynniku odbicia ϱ w zakresie jasności $\frac{1}{\varrho} \cdot 10 - \frac{1}{\varrho} \cdot 1000$ luksów, którego górna granica była najwyższą wartością badaną, występuje dalszy, acz coraz powolniejszy wzrost sprawności.

2) Sprawność (szybkość) wzrasta ze wzrostem kontrastów, jednakże nie proporcjonalnie doń: im kontrast większy, tym wzrost sprawności mniejszy.

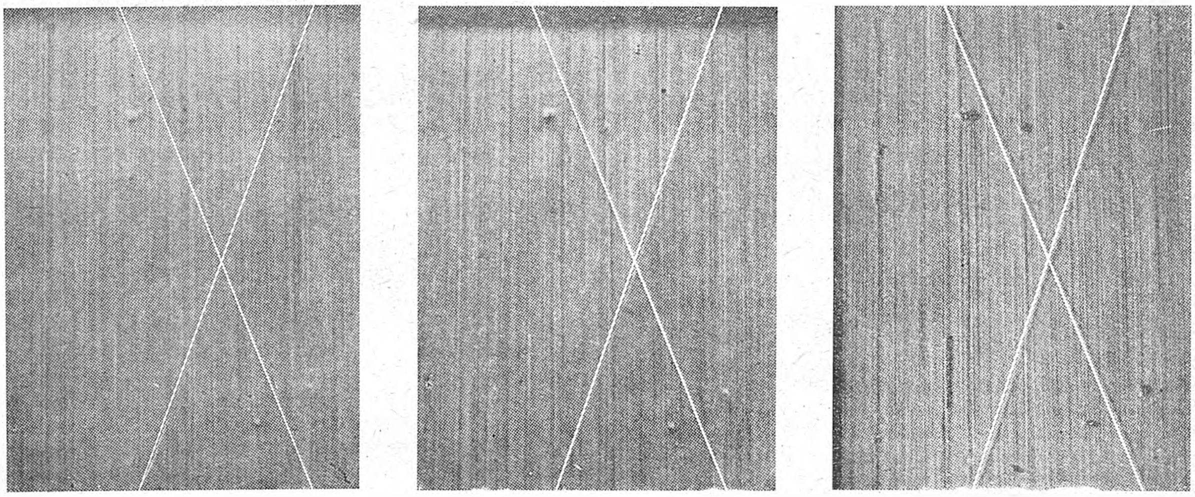
3) Przy jaśniejszej nici na ciemniejszym tle spostrzeganie jest gorsze niż przy ciemniejszej nici na jaśniejszym tle.

4) Zwiększenie grubości nici lub odstępów ma na spostrzeganie wpływ podobny jak zwiększenie jaskrawości.

5) Spostrzeganie jest najlepsze przy oświetleniu skośnym, ale im większe jaskrawości, tym mniejsze pod tym względem różnice między oświetleniem skośnym a pośrednim, przy jaskrawościach zaś związanych z jasnością $\frac{1}{\varrho} \cdot 100 - \frac{1}{\varrho} \cdot 1000$ luksów i większych kontrastach oświetlenie pośrednie jest od skośnego nawet lepsze.

Dopiero po wyprowadzeniu tych wniosków przyszedł czas na dokonanie próby podczas procesu produkcyjnego w fabryce. Jak wiadomo, szybkość procesu tkackiego jest stała. To też zmienność wydajności warsztatu jest zależna tylko od długości okresów postoju; poza postojami wskutek uszkodzeń inne postoje są wywoływane zrywaniem nici osnowy lub wątku i ich wiązaniem. Robotnik musi znaleźć uszkodzoną nić, przewlec ją przez oczko i związać. Od szybkości spostrzeżenia uszkodzenia i szybkości wykonania wymienionych czynności zależy długość postoju, a zatem i wydajność, jak również jakość produkcji. Autorzy próby berlińskiej oparli obliczanie na chronometrażu wymienionych czynności, przeprowadzonym na czterech krosnach automatycznych tj. samoczynnie wyłączanych przy zerwaniu lub zakończeniu nici wątku.

Każde z krosien wykonywało inny materiał (wełna czesankowa, wełna okryciowa), barwy przędzy były różne (biała, żółto-biała, szaro-niebieska, czarna), tkacze wykwalifikowani. Próby były krótkotrwałe, co autorzy podkreślają jako wadliwość. Ulepszenie oświetlenia polegało na stosowaniu reflektorów lustrzanych założonych skośnie, co dawało oświetlenie o długich cieniach oznaczone wyżej jako „skośne". Próby były robione przy różnych jasnościach. Potwierdziły one wyniki laboratoryjne: ulepszenie oświetlenia pierwotnego (oprawami do oświetlenia bezpośredniego, zawieszonymi nad tkaniną) wpłynęło tak na ilość, jak i na jakość produkcji. Wydajność wzrastała jeszcze przy jasności 2000 lx i to tak dla materiałów ciemnych, jak dla jasnych. Liczba uchybień malała dla materiałów ciemnych jeszcze przy granicy górnej zastosowanego zakresu, tj. 2000 lx, gdy dla materiałów jasnych wykazywała minimum między 500 i 1000 lx. Autorzy przeprowadzili następnie podobne badania w tkalni jedwabiu.



a Oświetlenie pośrednie b Oświetlenie bezpośrednie c Oświetlenie skośne

Rys. 1. Próba spostrzegania wadliwości

Na podstawie wyników tych prób firma Siemens wyprodukowała specjalne oprawy asymetryczne (rys 2). Krzywą światłości tej oprawy lustrzanej przedstawiono na rys. 3, a rozmieszczenie opraw nad krosnem sukienniczym na rys. 4.

W sprawozdaniu podkomisji racjonalizacji oświetlenia fabryk włókienniczych, wyłonionej przez amerykańską komisję racjonalizacji oświetlenia przemysłowego *), podano następującą wzmiankę:

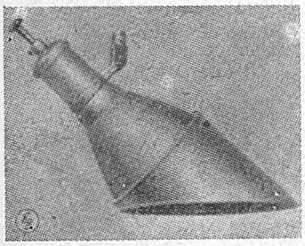
„Niewiele istnieje aktualnych badań, ujmujących namacalnie dodatni wpływ polepszenia oświetlenia na czynności włókiennicze. Wynika to ze znacznej liczby zmiennych, które leżą u podstaw produkcji włókienniczej.

Rodzaje materiału i typ produkcji zmieniają się w nowoczesnych zakładach włókienniczych i sukienniczych bardzo często. To też rzadko zdarza się, aby czynniki te były stałe tak długo, aby umożliwić porównawcze próby przy oświetleniu zmienianym co do rodzaju i natężenia, albowiem próby te wymagają znacznego czasu. Gdy zaś materiał lub czynności nie są ściśle jednakowe, porównanie bezpośrednie wyników, oczywiście, staje się niemożliwe.

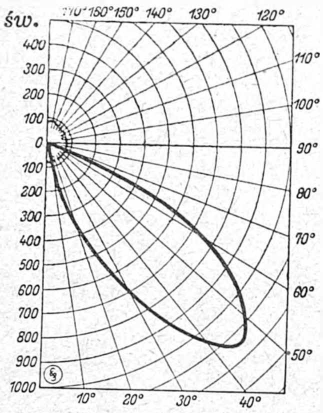
W okresie od 1941 do 1948 r. próby takie były okolicznościowo przeprowadzane w wielkim koncernie włókienniczym. Przy każdej z tych prób były utrzymywane niezmienne warunki pracy, maszyny, materiały oraz sposoby wykonania; oświetlenie było jedyną zmienną".

*) „Lighting for woolen and worsted textile mills' by the Joint I. E. S. — ASME Committee on Lighting in the Textile Industry (Illuminating Engineering, 1949, czerwiec).

Ten wpływ oświetlenia na wydajność i jakość produkcji sprawozdawcy podali w tablicy, z której wynika, że przy przędzeniu wełny przejście z oświetlenia lampami żarowymi o jasności 120 lx na oświetlenie lampami fluoryzującymi o jasności 450 lx spowodowało w dwóch typach



Rys. 2. Oprawa tkacka firmy Siemens

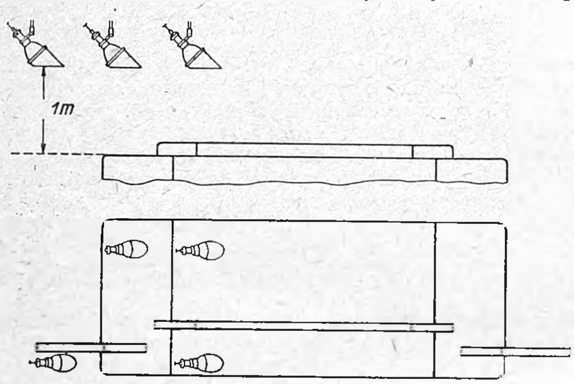


Rys. 3. Krzywa światłości oprawy z rys. 2 (przy 1000 lm gołej lampy)

urządzeń wzrost wydajności odpowiednio o 9,6 i 8,4%, z jednoczesnym ubytkiem odrzuconej przędzy odpowiednio o 11,5 i 12,6%.

Zestawione przez komisję amerykańską średnie dane co do tkania sukna podaje tabl. I.

Wobec wagi zagadnienia racjonalizacji oświetlenia w zakładach włókienniczych nasze Ministerstwo Przemysłu powołało komisję fachową, której powierzono zbadanie sprawy i opracowanie odpowiednich instrukcji i wskazówek. Czynny udział w tej pracy bierze Laboratorium Oświetleniowe GIEl. Komisja postanowiła między innymi pracami przeprowadzić na niewielką skalę badania wpły-



Rys. 4. Rozmieszczenie opraw z rys. 2 nad krosnem sukienniczym

wu oświetlenia na wydajność i jakość pracy tkaczy. Za teren prób obrano halę tkacką o 240 krosnach jednego z większych zakładów przemysłu bawełnianego. W tkalni tej produkowano surówkę bawełnianą szerokości 86 cm.

Warsztaty obsługiwane były przez 20 tkaczek w każdej zmianie (po 12 krosien na jedną tkaczkę) i pracowały na

Tablica I. Wpływ oświetlenia na wydajność i jakość produkcji

Jasność (lx)	150—180 (l. żarowe)	350 (l. fluoryz.)	560 (l. fluoryz.)	760 (l. fluoryz.)
Wydajność (%)	100	104,6	108,7	110,5
Koszty poprawek (%)	100	76,5	66,4	60,4

trzy zmiany. Każda z tkaczek pracowała co tydzień na innej zmianie, tak że w okresie 3 tygodni każda z nich przez tydzień pracowała na zmianie nocnej. Okres 3-tygodniowy był więc najkrótszym czasem próby oświetleniowej, obejmującej wszystkie tkaczki.

Hala próbna posiadała prymitywne oświetlenie sztuczne z oprawami otwartymi, z płaskimi reflektorkami emaliowanymi i żarówkami o mocy 40 W, zawieszonymi na wysokości około 1,9 m (nad podłogą) nad przejściami na osi warsztatu tak z przodu, jak i z tyłu warsztatu (warsztaty ustawione były w rzędach i zwrócone po 2 do siebie przodami).

Pierwsza próba polegała na wprowadzeniu następujących pól próbnych:

a oprawy nad przejściami z przodu i z tyłu warsztatów na ich osi, wysokość zawieszenia nad podłogą około 1,9 m, reflektory płaskie, żarówki na 40 W (oświetlenie dotychczasowe),

b reflektory półgłębokie o kącie ochronnym około 15° (inne dane jak pod *a*),

c żarówki na 60 W (inne dane jak pod *b*),

d oprawy nad bidłem na osi warsztatu, wysokość zawieszenia około 1,6 m nad podłogą, reflektory półgłębokie, żarówki na 40 W,

e oprawy nad bidłem z boku, z lewej strony tkacza, wysokość zawieszenia około 1,8m, reflektory półgłębokie, żarówki na 40 W,

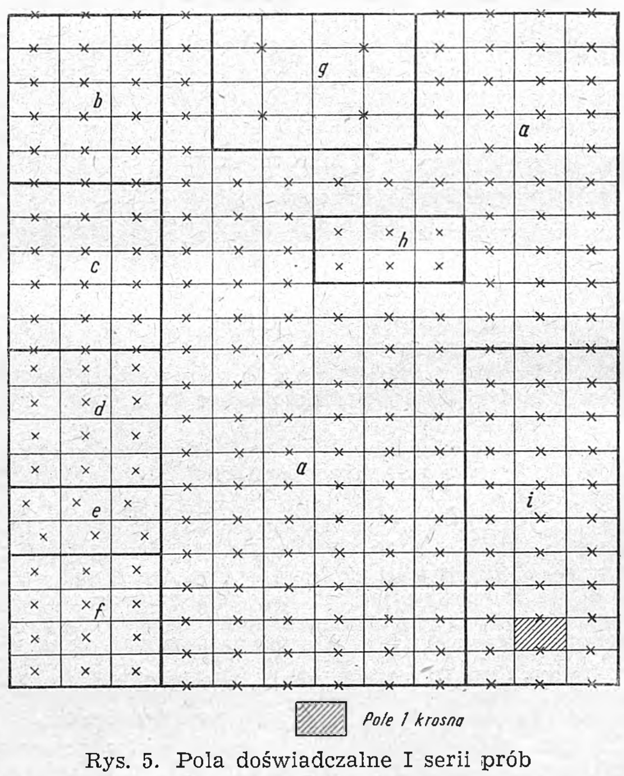
f wysokość zawieszenia 1,9 m nad podłogą, inne dane jak pod *d*,

g oprawy nad skrzyżowaniem osi przejść podłużnych i poprzecznych, co drugie przejście, wysokość zawieszenia około 2,8 m nad podłogą, reflektory półgłębokie, żarówki na 200 W,

h oprawy nad bidłem na osi warsztatu, wysokość zawieszenia ok. 1 m nad osnową, reflektor stożkowy własnej konstrukcji zakładu, żarówki na 40 W,

i oprawy nad przejściami na osi warsztatów, wysokość zawieszenia około 2 m nad podłogą, reflektory półgłębokie, żarówki na 100 W.

Jedna tkaczka obsługiwała w hali głównej 12 krosien, rozłożonych w dwóch szeregach, po 6 w rzędzie poziomym (rys. 5). Pola próbne były tak zaprojektowane, aby każda z tkaczek pracowała na części warsztatów przy dotychczasowym oświetleniu, a na części przy oświetleniu



Rys. 5. Pola doświadczalne I serii prób

próbnym, albowiem poza obserwacją oraz obliczeniem wpływu oświetlenia na ilość i jakość produkcji zamierzano oceniać wszystkie z próbowanych rodzajów oświetlenia również według opinii robotnic.

Niestety, ankieta nie dała w ogóle wyników, jakkolwiek postawione pytania były jasne i niedwuznaczne. Ponie-

waż robotnice nie mogły nie zauważyć różnic w oświetleniu, które powstały w szczególności przez osłonięcie jaskrawych źródeł, odpowiedzi orzekające np. o równowartościowości oświetlenia dotychczasowego i próbnego musiały wyniknąć bądź z obojętności, spowodowanej przemęczeniem po ciężkiej całonocnej pracy, bądź też innymi przyczynami natury psychologicznej. Bliższe omawianie tej sprawy poza stwierdzeniem ujemnego wyniku ankiety wykraczałoby poza ramy niniejszej pracy.

Obserwacje nad dotychczasowym oświetleniem oraz oświetleniem próbnym pozwoliły na scharakteryzowanie tych rodzajów oświetlenia. Zasadniczymi wadami oświetlenia dotychczasowego były:

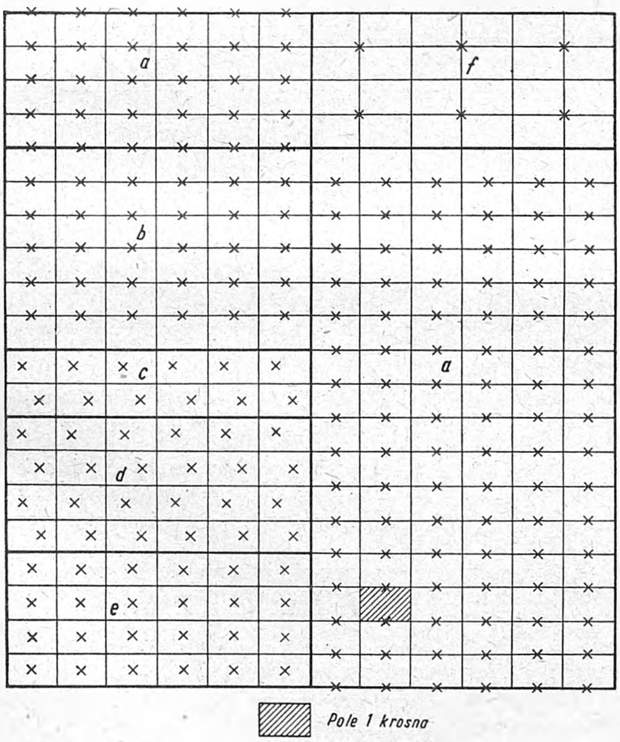
1) niedopuszczalna jaskrawość (gołe żarówki z bańkami przezroczystymi);

2) nieodpowiednie umieszczenie lamp w stosunku do warsztatów (cienie rzucane przez robotnice na pole pracy wzrokowej);

3) zbyt niska jasność w polu pracy, nie wystarczająca do wykonywania czynności, związanych z tkaniem.

Próbne oświetlenie miało na celu zbadanie, jaki wpływ na ilość i jakość produkcji mieć może usunięcie tych wadliwości. Wydawało się rzeczą celową zbadanie wpływu, który wywiera usunięcie każdej z tych wadliwości oddzielnie. Stąd potrzeba typów oświetlenia opisanych wyżej. I tak np. pola *a* i *b* różnią się usunięciem wady pierwszej; pola *b* i *c* różnią się tylko jasnością; pola *d* i *e* głównie kierunkiem strumienia świetlnego itd. Oględziny urządzenia po jego wykonaniu potwierdziły słuszność założeń.

W szczególności umieszczenie oprawy nad bidłem z lewej strony tkacza wzmacnia cienie własne osnowy co stanowi wyższość nad umieszczeniem osiowym i umożliwia niewątpliwie lepsze spostrzeganie zerwanych nici, a więc szybszą interwencję tkaczki po powstaniu uszkodzenia. Również dobre wydaje się oświetlenie silniejszymi i wyżej zawieszonymi lampami oświetlenia ogólnego (pole *g*). Natomiast nie można uznać za celowe sposobów oświetlenia, wykonanych w polach *h* i *i*, gdyż nie wykazują one żadnej wyższości nad innymi próbowanymi sposobami. Różnice między poszczególnymi rodzajami



Rys. 6. Pola doświadczalne II i III serii prób

oświetlenia były tak wyraźne, że niewątpliwie musiały wpływać na pracę organu widzenia tkaczek, a zatem i na produkcję. To też organizatorzy prób oczekiwali wyraźnego zróżnicowania wyników produkcji, które umożliwiłyby wyciągnięcie wniosków liczbowych. Wyniki obliczeń wydajności i jakości produkcji, dokonane przez biuro fabryczne, wykazały jednak bardzo silne wahania wydajności i jakości wewnątrz poszczególnych grup oświetlenia. Zmusiło to inż. B. Michelisa, naczelnego doradcę technicznego C. Z. P. Włók., który zestawiał wyniki doświadczeń i wyprowadzał z nich wnioski, do daleko idącej interpretacji tych wyników i usunięcia z obliczeń stosunkowo znacznej liczby danych, jawnie odbiegających od liczb średnich.

Po zanalizowaniu danych i zdyskwalifikowaniu niektórych z nich inż. Michelis zestawił średnie wydajności i średni odsetek tkaniny pierwszej kategorii na poszczególnych polach próbnych. Z tych wyników wydajności zdaje się wynikać, że najlepsze, mniej więcej równorzędne, rezultaty daje oświetlenie ogólne zastosowane w polu *g* i oświetlenie miejscowe boczne zastosowane w polu *e*. Niektóre wyniki są jednak wyraźnie niezrozumiałe; w szczególności wydajność w polu *c* była niższa niż w polu *b*, chociaż przy wszystkich innych warunkach identycznych moc żarówek w polu *c* była większa, a większa jaskrawość gołej lampy nie mogła wpłynąć na pogorszenie widzenia wobec zastosowania głębokiego reflektora.

Co do liczb, charakteryzujących średni odsetek tkaniny pierwszej kategorii, to wykazały one przebieg całkowicie chaotyczny; w szczególności trzeci w porządku wielkości malejących był procent „primy" w polu *a* o oświetleniu dotychczasowym, niewątpliwie najgorszym (olśnienie).

Wynik ten, bez wątpienia nieusprawiedliwiony, zdecydował o zaniechaniu dalszej analizy tych liczb. Te niedostateczne wyniki pierwszej serii prób skłoniły do zarządzenia drugiej serii, która trwała nie trzy, lecz sześć tygodni. Rozplanowanie pól próbnych i typy oświetlenia były tu obrane nieco inaczej na podstawie doświadczenia z pierwszej serii prób.

Przyjęto przy tym następujące zasady:

1) każda z tkaczek będzie posiadać oświetlenie jednorodne,

2) oświetlenie próbne będzie tak obrane, aby można było przez porównanie wyników nowych prób między sobą lub z wynikami pierwszej serii zbadać wpływ:

a) zmiany reflektorów płaskich na głębokie,

b) powiększenia jasności,

c) przesunięcia lamp z osi przejść nad bidła — na oś krosna,

d) przesunięcia z powyższego położenia na bok nad kraniec tkaniny,

e) zastąpienia oświetlenia miejscowego oświetleniem ogólnym.

Hala została w tym celu podzielona na pola doświadczalne według rys. 6. Wprowadzono tu następujące typy oświetlenia:

a oprawy nad przejściami z przodu i z tyłu warsztatów, na ich osi, wysokość zawieszenia nad podłogą około 1,9 m, reflektory płaskie, żarówki na 40 W (oświetlenie dotychczasowe);

b rozmieszczenie opraw jak pod *a*, reflektory półgłębokie, żarówki na 100 W;

c oprawy nad bidłem z boku, z lewej strony tkacza, wysokość zawieszenia nad podłogą ok. 1,8 m, reflektory płaskie, żarówki na 60 W;

d rozmieszczenie jak pod *c*, reflektory półgłębokie, żarówki na 60 W;

e oprawy nad bidłem na osi warsztatu, wysokość zawieszenia nad podłogą ok. 1,8 m, reflektory półgłębokie, żarówki na 60 W;

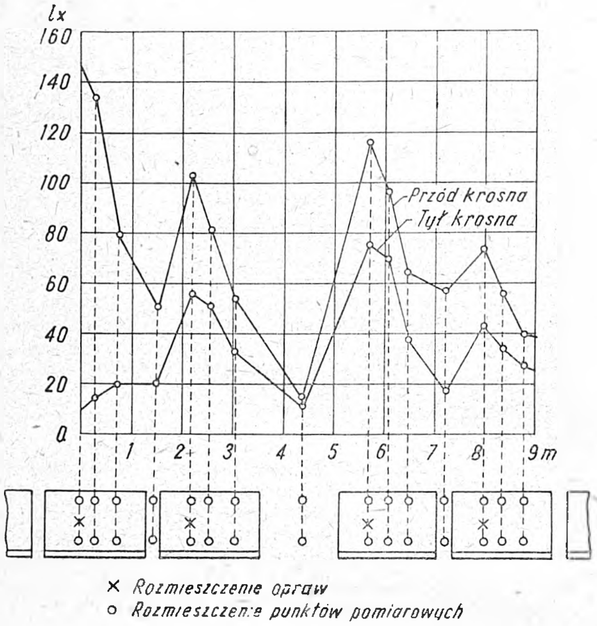
f oprawy nad skrzyżowaniem osi przejść podłużnych i poprzecznych, co drugie przejście, wysokość zawieszenia nad podłogą ok. 2,0 m, reflektory półgłębokie, żarówki na 300 W.

Pomiary jasności w II serii prób, przy postoju warsztatów, były wykonane w każdym z pól tak, jak to przedstawiono przykładowo na rys. 7 i 8. W każdym z tych pól w oznaczonych punktach dokonano pomiarów na 4 krosnach dwu rzedów środkowych pola z pominięciem dwu skrajnych krosien rzędu. Stwierdzono przy tym, że napięcie w gniazdach bezpiecznikowych wynosiło 114 V przy napięciu znamionowym żarówek 125 V, co powodo-

wało obniżenie ich światłości (a więc i zmierzonych jasności) prawie o 27%.

Oględziny żarówek wykazały, że niektóre z nich bardzo silnie są oblepione pyłem, pochodzącym z produkcji (materiał jasny). Sfotometrowanie dwu takich żarówek wykazało spowodowane powłoką pyłów zmniejszenie strumienia świetlnego o 14 i 21%.

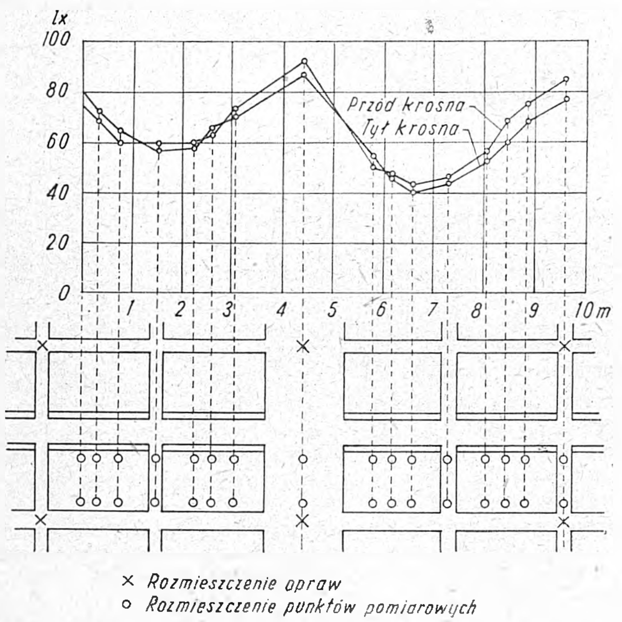
Obliczone z pomiarów największe i najmniejsze jasności przeciętne w grupie krosien w płaszczyźnie warsztatu



Rys. 7. Pomiar jasności w polu *d*

oraz w szerokim przejściu między warsztatami zestawiono w tabl. II.

Komisja miała nadzieję, że tym razem wobec większej liczby krosien próbnych i dłuższego czasu próby (6 tygodni) otrzyma wyniki wyraźne. Niestety jednak podczas trwania próby zmieniono personel brakarski i wprowadzono nowy obostrzający system brakowania. Wprowa-



Rys. 8. Pomiar jasności w polu *f*

dziło to niespodziewaną zmianę warunków, wpływając wyraźnie na chaotyczność wyników wydajności i przede wszystkim jakości. To też zarządzono przedłużenię próby na dalsze trzy tygodnie (III seria prób).

Jednakże i to nie mogło dać lepszych rezultatów, gdyż fabryka w tym okresie zmieniła rodzaj surowca, wprowadzając tym znowu dalszą zmianę warunków pracy. Jest to wiele mówiący przykład, jak trudno przeprowadzić próby, wymagające stałości warunków, w zakładzie wytwórczym, który musi stale warunki te zmieniać, wprowadzając wciąż nowe udoskonalenia.

Zmusza to badającego do głębokiego przeanalizowania wyników, do wnikliwej ich interpretacji oraz do odrzucenia wielu danych, odbiegających zbytnio od liczb prze-

Tablica II. Pomiar jasności serii II

Typ oświetlenia	Linia pomiarów	Jasność przeciętna w grupie (w luksach)			
		w płaszczyźnie warsztatu			w środku przejść
		największa	najmniejsza	średnia	
a	przód krosna tył krosna	45 39	37 36	40 37	11 12
b	przód krosna tył krosna	135 119	113 103	124 111	22 22
c	przód krosna	116	57	85	16
d	przód krosna tył krosna	108 62	59 32	87 49	15 9
e	przód krosna tył krosna	92 74	73 55	82 62	7 4
f	przód krosna tył krosna	68 68	52 53	60 60	43 43

ciętnych. To zaś z kolei wprowadza do wyników pewien element niepewności, uniemożliwiający ścisłą ich ocenę.

W takich warunkach autor analizy inż. B. Michelis zdołał wyprowadzić z wyników badań następujące wnioski ogólne:

„Z obliczeń otrzymaliśmy następujący szereg wydajności krosnogodzinowych w % w stosunku do wydajności sekcji z oświetleniem dotychczasowym:

sekcja	*a*	100%
„	*b*	104%
„	*c*	105%
„	*d*	109%
„	*e*	110%
„	*f*	111%

Rozważając różnice w szczegółach oświetleniowych poszczególnych sekcji i ich wydajności, winniśmy stwierdzić co następuje:

1) sekcje *a* miały jednakowe oświetlenie starego (pierwotnego) systemu i powinny wykazać jednakową (najmniejszą) wydajność;

2) różnice procentowe wydajności poszczególnych sekcji i różnice w ich oświetleniu przedstawione są w tabl. III.

Z tego porównawczego zestawienia można wyciągnąć następujące wnioski:

1) z punktów *3* i *6*: rozmieszczenie lamp po bokach krosna w celu uniemożliwienia tworzenia się cieni od głowy na miejscu pracy zwiększa wydajność o 4,5 do 7%;

2) z punktu *4*: osłona wzroku głębokimi reflektorami (zamiast płaskimi) zwiększa wydajność o 3%;

3) z punktu 7 po redukcji wpływu pp. *3* i *4*: potrojenie jasności zwiększa wydajność o 3,5%.

W przybliżeniu każdy z trzech czynników podwyższa wydajność z metra o 3,5%.

Sprawdzianem powyższych rozważań i obliczeń służy przeciętna wydajność wszystkich 224 krosien podczas dziennej pracy, tj. rannej i popołudniowej zmiany, która przeciętnie podczas całej serii III badań przewyższała produkcję nocną o 0,5 do 4%, potwierdzając słuszność całej argumentacji".

Jakie są więc konkretne wyniki tych pierwszych w Polsce badań wpływu jakości oświetlenia na wydajność pracy pomimo ich braków i fragmentaryczności?

Oto umożliwiają one przez racjonalną krytykę ustalenie ściślejszych warunków dokonywania takich prób z natury rzeczy trudnych i uciążliwych, przyczynią się zatem do lepszego i bardziej celowego opracowania dalszych prób tego rodzaju.

Chwilowo w większości naszych fabryk stan urządzeń oświetleniowych jest tak zły, ich nieracjonalność tak wyraźna, że dla wprowadzenia ulepszeń próby nie są zgoła niezbędne. Nie wymagają przecież dowodu twierdzenia, że takie czynniki, jak zastąpienie płytkich reflektorów głębokimi, unikanie cieniów rzucanych przez przedmioty obce na pole pracy, wzmożenie jasności z 40 na 100 lx przy pracy wymagającej rozróżniania bardzo drobnych szczegółów, wpływają dodatnio na spostrzeganie szczegółów, wpływają przeto na ilość i jakość pracy wykonywanej bez nadmiernego znużenia organu widzenia.

Wymagać będą natomiast udokumentowania i sprawdzenia zjawiska związane z dalszym wzmaganiem jasności, z określeniem dla każdej pracy tego jej poziomu, który pozwoliłby na osiągnięcie jak najlepszej wydajności i jakością pracy a rodzajem oświetlenia, wymagają nie tylko szczegółowego opracowania przez oświetleniowca, ale i szczegółowego, wnikliwego omówienia ze specjalistami zakładu wytwórczego, zatrudnionymi przy planowaniu produkcji oraz ocenie jej wyników.

2. Przez cały czas próby muszą być utrzymane w formie bezwzględnie stałej wszystkie warunki pracy, a więc surowiec produkcyjny, maszyny, personel produkcyjny, warunki umowy z pracownikami, sposób kwalifikowania produktu. Co do wahań temperatury i wilgotności w pomieszczeniu produkcyjnym, to powinny one utrzymywać się lub być utrzymywane w takich granicach, aby nie wpłynęło to praktycznie na zmianę toku procesu produkcyjnego.

3. Wobec tego, że odsetek wzrostu produkcji lub polepszenia jakości produkcji wskutek poprawy oświetlenia jest z natury rzeczy niezbyt znaczny (np. kilka do kilkunastu procentów), należy liczyć się przy obiorze typów próbnego oświetlenia z tym, że różnice przy typach niezbyt odbiegających od siebie nie dadzą się łatwo ocenić.

4. Z tych samych względów konieczne jest obieranie (przestrzennie i czasowo) takich zakresów prób, aby od-

Tablica III. Zależność wydajności od rodzaju oświetlenia

Punkt	Sekcja o większej wydajności	Sekcja o mniejszej wydajności	Różnica w wydajności obu sekcji (%)	Różnica w oświetleniu obu sekcji jako przyczyna wyższej wydajności
1	b	a	4	Głębokie reflektory zamiast płaskich i 4-krotna jasność
2	c	a	5,5	2-krotna jasność i lampy zawieszone po bokach krosna zamiast w środku przed krosnem (przeciw tworzeniu się cieni od głowy)
3	d	b	4,5	Lampy po bokach krosna (przeciw cieniom) zamiast w środku przed krosnem, pomimo zmniejszonej jasności
4	d	c	3	Głębokie reflektory zamiast płaskich
5	d	e	0	Jednakowa wydajność; mała różnica w rozmieszczeniu lamp: nad nicielnicami — z boku lub w środku krosna
6	f	b	7	Górne ogólne oświetlenie na skrzyżowaniach przejść zamiast miejscowego oświetlenia z wieszakami przed środkiem krosien powodującego cienie od głowy
7	f	a	11	Potrójna jasność; górne ogólne oświetlenie na skrzyżowaniach przejść pomiędzy krosnami, brak cieni i rażenia oczu

kości możliwej bez powodowania nadmiernych kosztów oświetlenia. To właśnie wymaga doświadczalnego sprawdzenia zależności i znalezienia najkorzystniejszej wartości jasności, poza którą nie należy już wykraczać.

Wymagać też może doświadczalnego ujęcia rozwiązanie wszelkiego nowego skomplikowanego zagadnienia oświetleniowego, w którym nasuwają się dwie możliwości lub w którym zawiłe przebiegi pracy wzrokowej w ogóle nie pozwalają na powzięcie decyzji „a priori".

W związku z 6-leciem inwestycyjnym, z konieczną i pilną sprawą racjonalizacji oświetlenia przemysłu w niedługim już zapewne czasie osiągniemy przynajmniej w niektórych urządzeniach dolną granicę pożądanych jasności. Niedługo też zapewne zaczną nasuwać się zagadnienia wątpliwe w związku z projektowaniem nowych urządzeń, a wtedy zajdzie potrzeba przeprowadzenia na większą skalę badań, których pierwszą próbą były badania opisane powyżej. Krytyczna ich ocena posłuży za podstawę planowania dalszych tego rodzaju prac badawczych i przyczyni się do otrzymania ściślejszych wyników.

Oto kilka tez, które powinny być wzięte pod uwagę w przyszłych próbach.

1. Próby oświetleniowe w zakładach wytwórczych, polegające na wykryciu zależności między wydajnością i jachylenia od ilościowych i jakościowych wartości przeciętnych produkcji były dostatecznie małe w porównaniu z różnicami, wynikającymi z wpływu rodzaju oświetlenia. Wydaje się, że byłoby celowe poprzedzić planowaną próbę zbadaniem materiału sprawozdawczości zakładowej w okresach bezpośrednio poprzedzających okres próby. Badania te powinny doprowadzić do wyznaczenia metodami statystycznymi takiego minimalnego zakresu prób — przestrzennego i czasowego, którego wyniki będą już dostatecznie stałe *).

5. Do prób należy wybierać pracowników wykwalifikowanych, których szybkość wykonywania czynności i jakość wykonania są możliwie ustalone.

6. Ponieważ współzawodnictwo pracy wprowadza daleko idące zmiany w normalnym procesie wytwórczym, powodując stopniowy wzrost wydajności pracy lub poprawę jakości wytworu, może ono zmienić zasadniczo warunki, w których odbywa się badanie wpływu oświetlenia. Dla tego też powinno być zawieszone na okres prób oświetlenia w tej części zakładu, w którym ta próba jest dokonywana.

*) Sprawa to trudna i zawiła; wymaga studium specjalnego w celu ustalenia, czy teza ta da się w sposób dostatecznie łatwy zastosować w praktyce.

INŻ. IGNACY BARAN

Oświetlenie a praca

Treść. Autor omawia korzyści, które daje racjonalizacja oświetlenia w przemyśle, przytaczając wyniki badań przeprowadzonych w tej dziedzinie w niektórych krajach. W szczególności wskazuje, jakie znaczenie posiada prawidłowe oświetlenie dla ochrony wzroku pracownika, jak wpływa ono na stan bezpieczeństwa pracy, na wydajność pracy i jakość produkcji. Podaje również przybliżoną ocenę liczbową korzyści materialnych, które osiąga się dzięki racjonalizacji oświetlenia.

Освещение и труд. Автор указывает, какую пользу приносит промышленности рационализация освещения, и приводит результаты исследований в этой области в некоторых странах. В частности указывает, какое значение имеет правильное освещение для охраны зрения рабочего, как оно влияет на безопасность труда, на производительность рабочего и на качество производства. Дает также численную оценку выгоды, достигаемой благодаря рационализации освещения.

Influence of lighting on work. The author discusses the advantages ensuing from the rationalization of lighting in industries, quoting results of tests carried out in this direction in certain countries. He points out, in particular, the importance of proper lighting for the protection of the workman's eyesight, its influence on the safety of working conditions and on workmanship. He also provides a rough numerical estimate of the financial advantages resulting from the rationalization of lighting.

Znakomite korzyści płynące z racjonalnego oświetlenia miejsc pracy są na ogół w Polsce niedoceniane. Oświetlenie naszych zakładów pracy zarówno pod względem ilościowym, jak też i jakościowym pozostawia bardzo wiele do życzenia. Badania dokonane przez prof. Melanowskiego, wykazały, że największa dokładność widzenia i szybkość spostrzegania, najlepsze rozróżnianie barw i najszersze pole widzenia występują w granicach jasności od 200 do 3000 luksów [1]. Niestety, jasności w naszych zakładach pracy znacznie ustępują tym pożądanym wartościom, co oczywiście odbija się niekorzystnie na warunkach pracy i na jej wynikach.

Światło wywiera niezaprzeczalny i istotny wpływ na wszelkie przejawy życia, w szczególności zaś na warunki i wyniki pracy. Z jednej bowiem strony światło umożliwia pracę dzięki stworzeniu obiektywnych warunków widzenia, z drugiej zaś przysposabia człowieka psychicznie do pracy. W ciemnościach wykonywać można tylko prymitywne czynności, brak światła wywołuje senność i skłonność do bezczynności.

Nic też dziwnego, że wpływ oświetlenia ujawnia się w pracy pod wielu względami. Liczne badania wykazują, że racjonalizacja oświetlenia chroni wzrok od przedwczesnego wyczerpania, wzmaga bezpieczeństwo i higienę pracy, podnosi wydajność pracy i jakość wytworów, ułatwia utrzymanie porządku i czystości oraz racjonalną gospodarkę materiałami i urządzeniami, ułatwia utrzymanie dyscypliny pracy i wykonywanie nadzoru, wreszcie — co może jest najistotniejsze — wnosi do zakładu kulturę pracy. Poniżej omówimy pokrótce wyniki wspomnianych badań.

Powszechnie wiadomo, że skąpe lub olśniewające oświetlenie działa szkodliwie na w z r o k p r a c o w n i k a. Brak jest jednak materiałów statystycznych pozwalających na ocenę, w jakim stopniu prace wymagające natężenia wzroku, a odbywające się w wadliwych warunkach oświetlenia wyczerpują przedwcześnie wzrok pracownika. Znane są natomiast przypadki, że tokarze precyzyjni, szlifierze, rytownicy lub zegarmistrze utracili zdolność do wykonywania swej pracy zawodowej już w wieku czterdziestu kilku lat w wyniku wadliwego oświetlenia. Znane są skutki nieracjonalnego oświetlenia również i w innych zawodach, jak np. „oczopląs" u górników. Niestety, brak danych o charakterze statystycznym nie pozwala na ocenę wielkości szkód, które z omawianych przyczyn ponosi sam pracownik oraz całokształt gospodarki krajowej. Niewątpliwie straty te są znaczne, gdyż w mniejszym lub większym stopniu dotyczą wszystkich pracowników oraz całego okresu ich pracy zawodowej.

Znacznie łatwiej jest określić wysokość strat spowodowanych w y p a d k a m i p r z y p r a c y, ujawniają się one bowiem w sposób nagły i pozostawiają skutki, które stosunkowo łatwo dają się zobrazować liczbami. Wpływ warunków oświetlenia na stan bezpieczeństwa pracy był też wielokrotnie przedmiotem badań. Oto kilka przykładów:

Badania Simpsona oparte na materiale statystycznym dotyczącym tysiąca przedsiębiorstw ubezpieczonych od wypadku wykazały, że liczebność wypadków w miesiącach zimowych jest 2 do 3 razy większa niż w lecie. Simpson tłumaczy to wadliwościami oświetlenia sztucznego [2].

Według danych radzieckich, opartych na badaniach materiałów wypadkowych za lata 1940—1947, ok. 3% wypadków przy pracy zostało spowodowanych niedostatecznym oświetleniem miejsc pracy [3].

Amerykańscy badacze określając przyczyny 700 000 wypadków przy pracy zaszłych w ciągu jednego roku doszli do wniosku, że co najmniej 126 000 spośród badanych wypadków miało za przyczynę wadliwe oświetlenie miejsc pracy [4].

Sprawozdanie brytyjskiego Głównego Inspektora Pracy za rok 1947 podaje, że zmniejszenie liczby wypadków w przemyśle o 25% zawdzięczać należy podniesieniu jasności w zakładach pracy z 40—60 luksów do 120—200 luksów [7].

Racjonalizacja oświetlenia przeprowadzona w jednej z niemieckich kopalń węgla doprowadziła w ciągu jednego roku do zmniejszenia częstotliwości wypadków o 50% [5].

Tych kilka przykładów ilustruje wymownie, jak wielki wpływ posiada racjonalizacja oświetlenia na zmniejszenie ryzyka wypadku.

Dobre oświetlenie jest również stróżem c z y s t o ś c i i p o r z ą d k u. Czynniki te — to nie tylko podstawowe warunki higieny pracy i jej bezpieczeństwa, ale również wydajności pracy i sprawności produkcji. Tak np. zastawianie przejść zmniejsza ich przelotność tworząc tzw. „wąskie gardła", których można uniknąć przez oznaczenie miejsc do składowania i dobre ich oświetlenie, co zazwyczaj szwankuje. Ciemne zakątki w zakładach pracy skłaniają robotników do składania tam odpadków śniadań, odpadków z produkcji, zaoliwionych szmat itp., przez co taki ciemny kąt staje się groźbą dla bezpieczeństwa pożarowego zakładu oraz rozsadnikiem chorób. Dobre oświetlenie nie tylko ułatwia utrzymanie porządku i czystości w zakładzie, ale też stanowi psychiczny czynnik wychowawczy w stosunku do pracowników niedbałych.

Zależność w y d a j n o ś c i p r a c y od warunków oświetlenia wielokrotnie już stanowiła przedmiot badań w różnych krajach. Oto przykłady:

Przeprowadzona przez prof. Truchanowa racjonalizacja oświetlenia w oddziale mechanicznym jednej z wytwórni podwyższyła wydajność pracy średnio o 18%, obniżając jednocześnie koszt własny produkcji o 4% [3].

Podwyższenie jasności na wiertarkach z 50 do 200 lx w fabryce leningradzkiej „Pneumatyka" zwiększyło wydajność pracy o 40% [4].

W Kombinacie Tekstylnym im. Stalina oraz w Kuchomskiej Manufakturze podwyższono jasności na warsztatach tkackich z pierwotnych wartości 10—25 lx do 40—60 lx, dzięki czemu osiągnięto zwiększenie wydajności pracy o 10 do 25% [6].

Również badania angielskie przeprowadzone w różnych branżach (przemysły: drzewny, metalowy i poligraficzny) wykazują, że przez podwyższenie jasności z 15 — 120 luksów do 100 — 200 luksów uzyskano zwiększenie wydajności pracy o 10 do 25% [7].

W jednej z niemieckich wytwórni sztucznego jedwabiu wprowadzono ulepszone oświetlenie przy nawijarkach, podwyższając moc żarówek z 80 do 500 W i wprowadzając reflektory zwierciadlane, przez co uzyskano zwiększenie sprawności maszyn prawie o 33% [8].

Badania powyższe w różnych krajach i w rozmaitych gałęziach przemysłu wykazują niewątpliwy i znaczny wpływ racjonalizacji oświetlenia na zwiększenie wydajności pracy.

Również i j a k o ś ć p r o d u k c j i zależy w wysokim stopniu od dobroci oświetlenia, o czym świadczą poniższe przykłady:

W jednej z fabryk papieru olśniewające oświetlenie (300 W) przy sortowaniu papieru zastąpiono oświetleniem nieolśniewającym przy takiej samej mocy. Przy sortowaniu 87 ryz w świetle dziennym popełniono 6 uchybień, przy oświetleniu olśniewającym liczba uchybień wzrosła

do 41 przy sprawdzaniu 72 ryz, natomiast przy świetle sztucznym nieolśniewającym na 80 zbadanych ryz było tylko 5 uchybień [5].

Badania przeprowadzone przez „Medical Research Council“ i „Department of Scientific and Industrial Research“ w Londynie nad pracą zecerów wykazały przy świetle dziennym i przy oświetleniu sztucznym o jasności 300 luksów — 0,6% błędów, przy 100 luksach — 0,75%, natomiast przy 20 luksach — 1,4% błędów [9].

W fabryce włókienniczej im. Kalinina, gdzie sortowanie wełny przy oświetleniu żarówkami w ogóle nie było możliwe, wprowadzono oświetlenie lampami fluoryzującymi. W ciągu szeregu nocy odbywało się sortowanie wełny przy świetle fluorescencyjnym, równolegle zaś sortowano tę samą wełnę przy świetle dziennym. Doświadczenia wykazały, że przeciętna liczba niedopatrzeń przy zmianach nocnych wynosiła 5,0%, we dnie zaś — 3,2%. Skoro się zważy, że liczba braków w tej wytwórni przy świetle dziennym dochodziła już niejednokrotnie do 10%, należy uważać wyniki uzyskane przy oświetleniu fluorescencyjnym za nader korzystne [10].

Doświadczenia powyższe wykazują, że w tych gałęziach przemysłu, gdzie jakość wytworów posiada duże znaczenie (papierniczy, poligraficzny, włókienniczy) racjonalizacja oświetlenia ma nawet większy wpływ na poprawę jakości niż na zwiększenie wydajności pracy.

Również w walce z marnotrawstwem materiałów i urządzeń racjonalne oświetlenie może oddać istotne usługi. Tak np. wykrawanie skóry i materiałów włókienniczych w wadliwym oświetleniu prowadzi do nieekonomicznego wykorzystania tych materiałów przez wytwarzanie dużej ilości odpadków. Podobnie przy przelewaniu cieczy i przesypywaniu materiałów sypkich mogą zachodzić duże straty wskutek wadliwego oświetlenia. Niedostateczne oświetlenie prowadzi nierzadko do uszkodzenia maszyn, a nawet do ich zniszczenia. Brak danych statystycznych nie pozwala na określenie wysokości omawianych strat, niewątpliwie są one jednak bardzo dotkliwe, powodują bowiem nawet postoje całych działów produkcyjnych.

Jeszcze jedną niemniej istotną zaletą racjonalnego oświetlenia, aczkolwiek nie dającą się ująć w liczby, są ułatwienia w utrzymaniu dyscypliny pracy i w wykonywaniu nadzoru. Jak już wyżej zaznaczono, dobre oświetlenie jest psychicznym hamulcem dla niedbalstwa i niechlujstwa pracowników. Hamulec ten staje się jeszcze silniejszy, jeżeli robotnik wie, że dzięki dobremu oświetleniu kierownik czy mistrz może obserwować go z daleka.

Jak wynika z powyższych rozważań, korzyści racjonalizacji oświetlenia można ująć w dwie grupy: korzyści dające się określić liczbowo oraz bardziej może nawet istotne korzyści, których jednak nie da się ująć w liczby. Wnikliwe badania oparte wyłącznie na korzyściach, które dają się ująć liczbowo, a więc na zmniejszeniu wysokości ryzyka wypadków, zwiększeniu wydajności pracy i poprawie jakości wytworów wykazują, że racjonalne oświetlenie miejsc pracy zawsze się opłaca, gdyż koszty założenia, używania i konserwacji racjonalnych urządzeń oświetleniowych stanowią zaledwie drobny ułamek kosztów robocizny i są wielokrotnie niższe od uzyskanych korzyści. Tak więc przy inwestowaniu na racjonalizację oświetlenia kwot odpowiadających 1 do 2% kosztów robocizny uzyskuje się wzrost produkcji i poprawę jej jakości w kwocie wynoszącej kilkanaście, a nawet czasem kilkadziesiąt procentów kosztów robocizny [11].

Obok tych korzyści czysto materialnych nie można pominąć milczeniem korzyści humanitarnych, których może przysporzyć racjonalne oświetlenie miejsc pracy, a to przez uratowanie setek pracowników od śmierci, a tysięcy od kalectwa wskutek wypadków przy pracy oraz przez ochronę wzroku pracowników przed przedwczesnym wyczerpaniem i przedłużenie w ten sposób okresu ich zdolności do pracy i do zarobkowania.

LITERATURA

[1] Melanowski W. H. Granice siły oświetlenia odpowiadające najlepiej sprawności wzroku (Klinika Oczna, 1935, z. 3)

[2] Kowalew A. P. Tiechnika biezopasnosti truda w tiepłosiłowych ustanowkach (Wyd. Gosenergoizdat, 1943, str. 47).

[3] Zołotnicki N. D. Tiechnika biezopasnosti w stroitielstwie (Wyd. Strojizdat, 1949, str. 61, 63).

[4] Skorochodow N. I. Tiechnika biezopasnosti w litiejnom proizwodstwie (Wyd. Maszgiz, 1947, str. 198).

[5] Schneider L. Förderung der menschlichen Arbeitsleistung durch richtige Beleuchtung (Das Licht, roczn. 8, nr 12).

[6] Dmitriewskaja N. P., Zajczykowa W. A. Racjonalnoje oswieszczenje fabryk (Wyd. Gizlegprom, 1946, str. 3).

[7] Newnes — Electrical Installations (London, 1949, str. 277)

[8] Goldstern N., Putnoky F. Die wirtschaftliche Beleuchtung von Scharmaschinen (Die Kunstseide, 1933, nr 4—5)

[9] Kircher W., Schneider L. Was kostet schlechte Beleuchtung (Das Licht, roczn. 1, nr 1)

[10] Jermolinski N. N., Scheftel E. B. Luminescentnyje łampy w tekstilnom proizwodstwie (Elektriczestwo, 1946, nr 8)

[11] Baran I. Światło i praca (Wyd. Min. Pracy i Opieki Społecznej, 1946)

INŻ. ROMAN ASLER

Nowoczesne oświetlenie lotnisk

Treść. Autor podaje przegląd nowoczesnych urządzeń oświetleniowych na lotniskach darniowych (różnokierunkowych), a przede wszystkim na lotniskach posiadających twarde drogi startowe. Przytoczone są informacje o najświeższych studiach międzynarodowych w zakresie oświetlenia lotnisk.

Современное освещение аэродромов. Автор дает обзор современных осветительных устройств на дернистых аэродромах (пути разнообразного направления), а главным образом на аэродромах, имеющих твердые стартовые и посадочные дороги. Приводятся данные о последних международных работах в области аэродромного освещения.

Modern Lighting of Airfields. Review of modern lighting equipment for grass airfields (multi-directional airfields), and in particular for airfields with hard runways. Details of the most recent international research in respect of airfield lighting.

1. Wstęp.

Światła na lotniskach oraz na szlakach komunikacji lotniczej i na samolotach mają już swoją historię. Zagadnienie bezpiecznego startowania i lądowania stworzyło rozległą i bardzo ciekawą nową technikę oświetleniową, która rozwija się równolegle z postępem komunikacji lotniczej.

Świateł i sygnałów lotniczych, jak widzimy z tabl. I, jest znaczna ilość. Radio nie może ich zastąpić, gdyż urządzenia radiowe tylko doprowadzają samolot do pewnego punktu w pobliżu lotniska, np. do punktu początkowych świateł podejściowych, i kontrolują podchodzenie do instrumentowej drogi startowej. Samo lądowanie nie może być dokonane przy pomocy radia i instrumentów; pilot potrzebuje wzrokowej pomocy dla ostatecznego zetknięcia się z ziemią w nocy lub w dzień przy słabych warunkach widoczności.

Światła są poza tym bardzo ważnym czynnikiem psychologicznym, działającym na zmysły załogi samolotu i w ostatnich niemal sekundach dacydują o prawidłowym i szczęśliwym lądowaniu. Koszty inwestycyjne urządzeń świetlnych i ich instalacji, chociaż bardzo duże i skomplikowane, zawsze się opłacają.

O prawidłowym lądowaniu decydują: a) radio, b) świetlne urządzenia przyziemne, c) urządzenia pokładowe. Żaden z tych środków wzięty osobno nie wystarcza. W dalszym ciągu zatrzymamy się tylko na dziale oświetlenia lotnisk, który podczas ostatniej wojny rozwinął się wspaniale. Rozpatrzymy dwa zasadnicze przykłady: lotniska różno-kierunkowe (darniowe) i lotniska o twardych drogach startowych.

2. Lotnisko różnokierunkowe (darniowe).

Lotnisko Tempelhof pod Berlinem, które bierzemy jako przykład (rys. 1), zbudowane jest w formie elipsy o wymiarach 2600 m × 1600 m z jedną bieżnią, z trzema rzędami 3-kolorowych świateł i ze światłami granicznymi dookoła; należało ono w Europie do dobrze wyposażonych

Tablica I. Zestawienie świateł lotniczych

A. Szlaki komunikacyjne powietrzne

1) Latarnia szlakowa główna
2) „ „ normalna
3) „ „ pomocnicza
4) „ „ pośrednia
5) „ zaszlakowa
6) Reflektor kierunkowy
7) Światła szlakowe rozpoznawcze
8) „ „ przeszkodowe

B. Lotniska

1) Światła rozpoznawcze: a) latarnia lotniskowa, b) latarnia lotniskowa ze znakiem lotniska, c) światła graniczne.

2) Światła nawigacyjne: a) bieżniowe, b) podejściowe, c) progowe, d) przeszkodowe, e) reflektory lotniskowe (stałe i ruchome), f) świetlne wskaźniki wiatru, g) reflektor ręczny do ruchu.

3) Światła pomocnicze: a) projektor pułapowy, b) świetlny numer i symbol długości bieżni, c) azymut bieżni, d) neonowa „zielona strzała“ — bieżnia wolna, e) neonowy „czerwony krzyż“ — bieżnia zamknięta, f) drogi manipulacyjne.

C. Samoloty

1) Światła pozycyjne
2) Reflektory terenowe
3) „ do sygnalizacji optycznej
4) Światła rozpoznawcze (tożsamości)

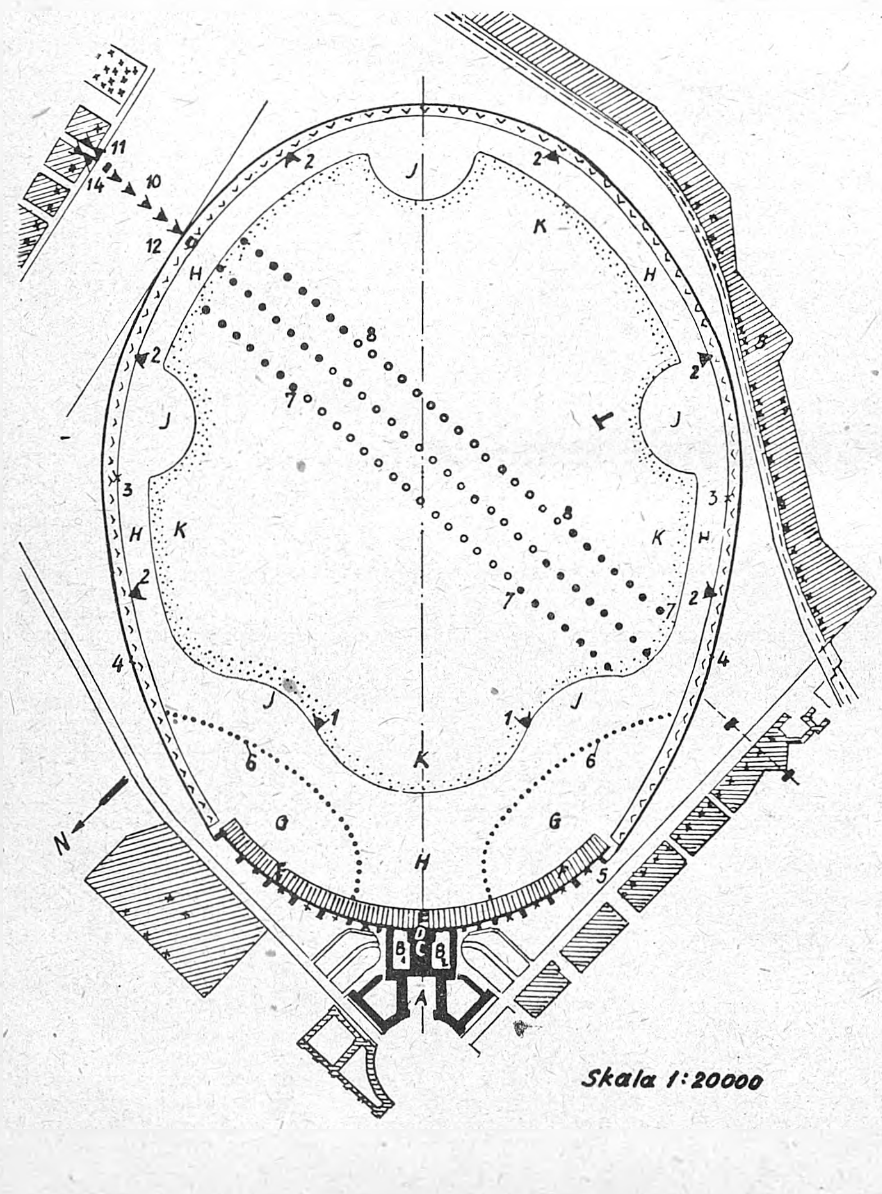
w urządzenia świetlne, których dostarczyły fabryki Siemensa i AEG. Zabudowania administracyjne, hale warsztatowe i hangary są usytuowane w wierzchołku elipsy.

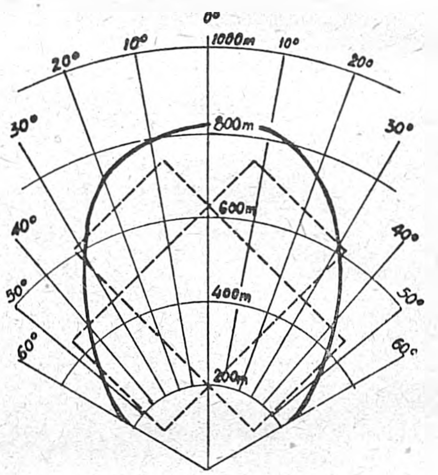
Reflektory lotniskowe są dwojakiego typu, stałe oraz ruchome. Stałe zainstalowane obok granicznych świateł na terenie przeznaczonym do rolowania, ruchome zaś na terenie przeznaczonym do startu. Ruchome wyposażone są w samoczynne urządzenia elektryczne do skrycia równo z powierzchnią lotniska, tak że samoloty swobodnie mogą rolować. Uruchamianie i nastawianie odbywa się z odległości z wieży kierownictwa ruchu.

Reflektor jest wyposażony w 3 żarówki na 55 V o łącznej mocy ok. 9 kW. Rozsył światła o kącie 120° podany jest na rys. 2. Wymaga się, by teren do lądowania oświetlony tym reflektorem posiadał formę i miarę, by we wszystkich kierunkach przyjętych do lądowania nocnego można było na tym terenie wpisać prostokąt 300 m × 100 m, w którym strona dłuższa byłaby równoległa do kierunku lądowania.

Jasność w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku promienia świetlnego reflektora nie powinna być mniejsza w żadnym punkcie od 1,5 lx.

Światła bieżniowe 3-kolorowe są zainstalowane równo z powierzchnią lotniska, samoloty mogą więc swobodnie lądować i startować. Na początku pasa bieżniowego są światła zielone, w środku białe, a na końcu czerwone. Ponieważ lądowanie jest uzależnione od kierunku wiatru, na pasie tym obok świateł zielonych są czerwone, a obok czerwonych zielone (rys. 3). Sterowanie tymi światłami odbywa się z wieży kierownictwa ruchu. Regulacja natężenia świateł białych dokonywana jest przez procentowe zmniejszanie napięcia na transformatorze:





Rys. 2. Rozsył światła reflektora lotniskowego

Z lewej:

Rys. 1. Lotnisko różnokierunkowe darniowe

1 reflektory lotniskowe ruchome
2 reflektory lotniskowe stałe
3 świetlne wskaźniki kierunkowe
4 światła graniczne
5 „ przeszkodowe
6 „ przedpoli hangarów
7, 8 „ bieżniowe
10 „ podejściowe stałe
11 „ podejściowe obrotowe
A droga dla samochodów
B_1 bagażownia
B_2 poczta
C sala odpraw i kasa biletowa dla ruchu pasażerskiego
D kierownictwo portu
E hala odpraw dla samolotów
F hala warsztatowa
G pole postojowe dla samolotów
H bieżnia dla rolowania
I miejsce startowe
K pole startowe
T świetlna litera „T“

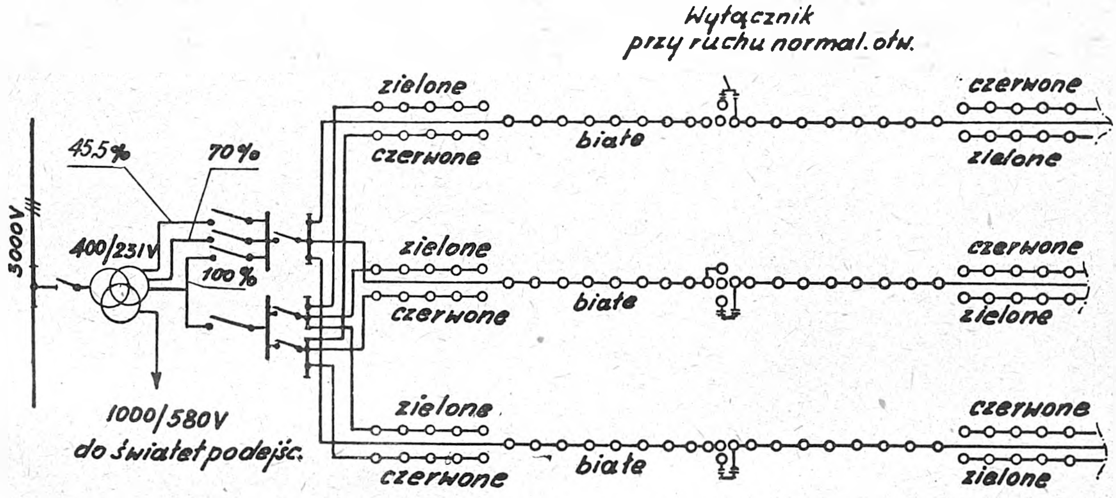
przy 100% napięcia jest maksymalna światłość
przy 70% napięcia jest 25-procentowa światłość
przy 45,5% napięcia jest 6-procentowa światłość.

Rozsył światła bieżniowego jest przedstawiony na rys. 4, a inne dane techniczne świateł bieżniowych zebrano w tabl. II.

3. Lotnisko o twardych drogach startowych.

Lotniska te zalicza się do nowoczesnych; posiadają one szereg dróg startowych, na niektórych są drogi równoległe do siebie, ustawione podwójnie, a nawet potrójnie, co zezwala na równoczesne starty i lądowania.

Szczególnie na lotniskach amerykańskich budują drogi



Rys. 3. Układ elektryczny świateł bieżniowych

Zasilanie świateł bieżniowych jest dwustronne przy pomocy dwu stacji transformatorowych, do których energię doprowadza kabel o napięciu 3000 V. W środku pola jest umieszczony w skrzynce wyłącznik, który na wypadek uszkodzeń na jednej ze stacji włącza się ręcznie.

Przedłużeniem świateł bieżniowych są światła podejściowe; zainstalowane one są w jednym rzędzie na przerównoległe, gdyż, jak ze statystyki ruchu wynika, są momenty, że przerwy między startami i lądowaniami nie przewyższają 30 sek.

Regulacja tak dużego ruchu, trwającego prawie 24 godz. na dobę, wymaga niesłychanej sprawności kierownictwa portu i ruchu, mechanizacji pracy, dobrze działających urządzeń i odpowiednich zabezpieczeń na wypadek

Tablica II. Zestawienie świateł dla lotniska różnokierunkowego

Przeznaczenie światła	Kolor światła	Długość fali świetlnej (Å)	Napięcie (V)	Moc (W)	Liczba żarówek (sztuk)	Uwagi
1. Przeszkodowe	czerwony	6100	220	60—100		Liczba zależna od przeszkód
2. Graniczne: normalne wzmocnione	pomarańczowy	5940—5980	220 380	100 600	zależna od wielkości lotniska	Odległość pomiędzy lampami 100 m
3. Świetlne wskaźniki wiatru	zielony	4900—5300	220	60—100	12—14	„T" św. o dł. 5 m
4. Reflektory lotniskowe	biały	—	55	9000	3	6 do 8 szt. reflekt., każdy po 9 kW (typ stałych i ruchomych)
5. Latarnia lotniskowa ze znakiem rozpoznawczym	biały (neon czerw.)	ok. 6140	220	1000—1500	1	Na słupie lub na najwyższym budynku w obrębie lotniska
6. Bieżniowe początkowe środkowe końcowe	zielone białe czerwone	4900—5300 — 6100	12	100	7 26 9	Razem bieżn. 42 szt. w odległ. co 50 m
7. Podejściowe stałe obrotowe	zielonkawo-niebieskie	—	220	rtęciowe typ HgH 2000	22 2	na słup. dr. o wys. ~ 3 m na słupach o wys. ~ 15 m

strzeni ok. 2300 m i zakończone dwoma światłami tego samego charakteru, lecz obrotowymi na słupach żelaznych.

Światła podejściowe posiadają żarówki rtęciowe typu HgH2000, świecą kolorem zielonkawo-niebieskim, a ich rozsył jest podany na rys. 5.

Pozostałe światła — do oznaczenia przedpoli hangarowych, do określania kierunku wiatru oraz inne — traktuje się jako pomocnicze.

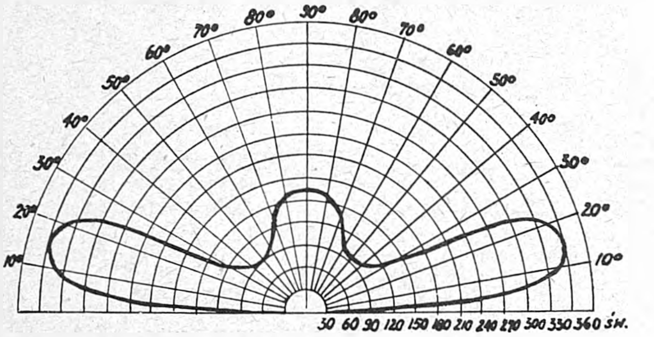
przerwy w dostawie energii do świetlnych urządzeń przyziemnych.

Współpraca specjalistów oświetleniowców, personelu latającego i przemysłu tworzy warunki i dokonuje takiego doboru systemu oświetlenia, że bezpieczeństwo przy złej pogodzie i widoczności jest całkowite.

Jakiego systemu świateł używa się na tych lotniskach, podaje rys. 6, gdzie uwidoczniono drogi startowe do instrumentowego lądowania, które są szerokie, następnie

drogi normalne bez instrumentów — węższe oraz drogi manipulacyjne najmniejszej szerokości.

Według normy C. A. A. lotnisko tego rodzaju należy do IV klasy, jest przygotowane do przyjęcia samolotu o wa-

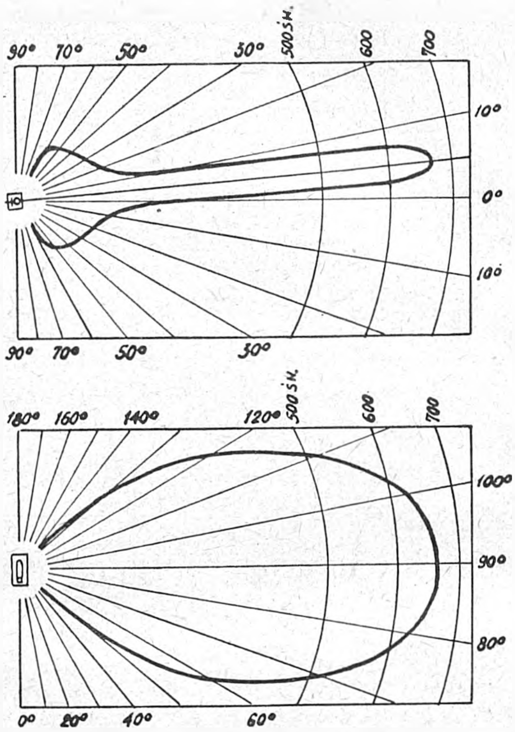


Rys. 4. Rozsył światła bieżniowego

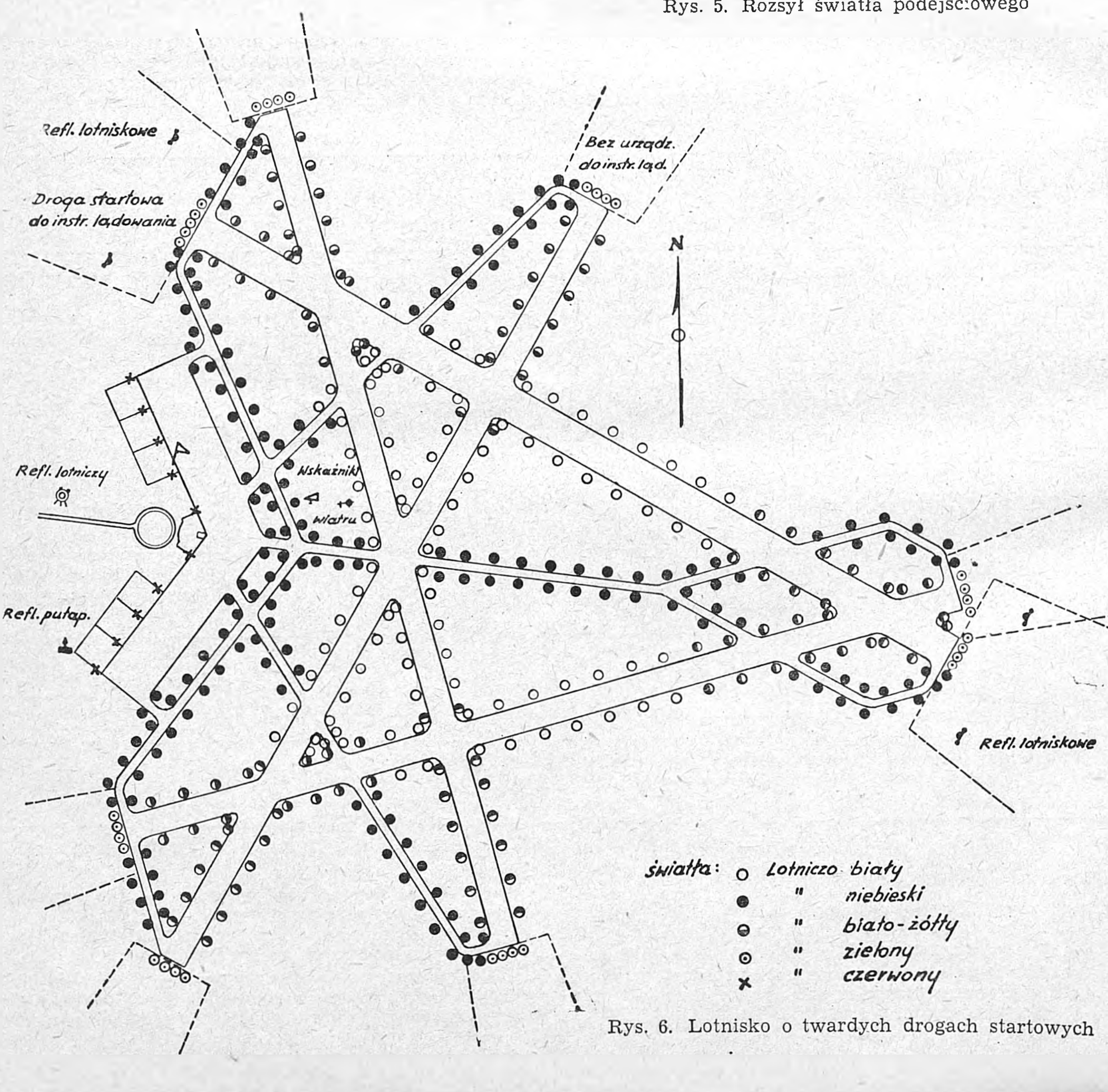
dze ponad 25 t, długość drogi startowej ponad 1370 m i więcej, szerokość zaś ok. 80 m.

Światła ogranicza się głównie do bieżniowych i podejściowych, znikły światła graniczne, a reflektory lotniskowe w wyniku wzrastającego stosowania twardych bieżni są mniej używane.

Rozwój świateł bieżniowych opóźnił się przez ograniczanie ich wysokości wystawania ponad powierzchnię bieżni, co powodowało, że przeszkody — jak śnieg, piasek, chwasty — stale zaciemniały te światła. Obecnie budują



Rys. 5. Rozsył światła podejściowego

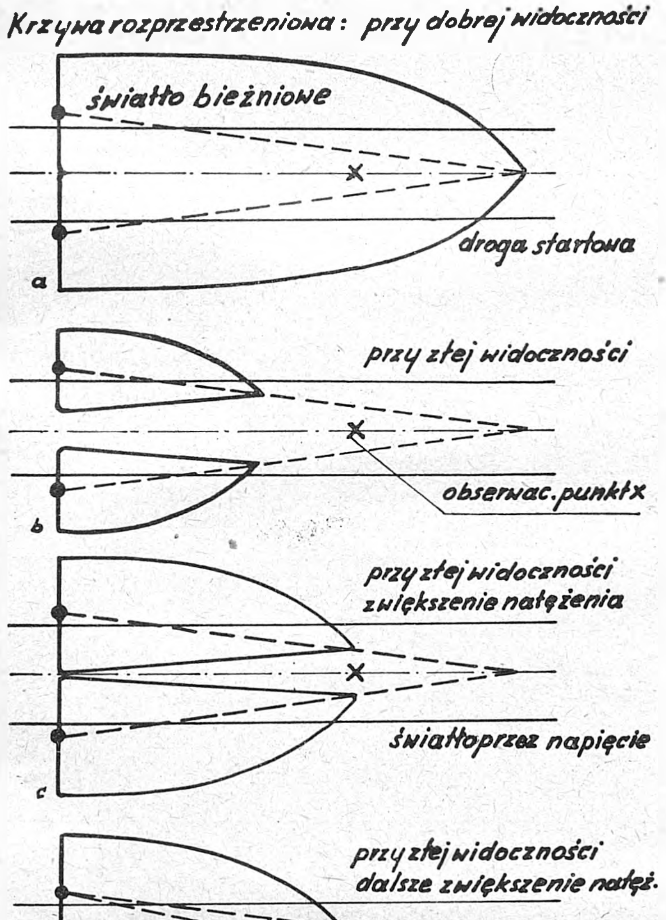


Rys. 6. Lotnisko o twardych drogach startowych

je przeważnie na postumentach o takiej wysokości ponad powierzchnią, żeby nie uszkodzić śmigła i skrzydeł; sam postument jest łamliwy, by w wypadku uderzenia nie uszkodzić samolotu.

Światła bieżniowe nazywa się także stykowymi, ponieważ ich celem jest dostarczanie pilotowi wzrokowej pomocy, która umożliwi mu bezpieczne i prawidłowe zetknięcie się z ziemią. Znaki świetlne umieszczone są na krawędzi lub w przyległości brukowanych bieżni, parami po obu stronach.

Zastosowanie oddzielnego obwodu dla każdej bieżni pozwala uruchamiać światła jedynie na bieżni będącej w użyciu. Do tego obwodu włącza się ponadto pobliskie światła przeszkodowe oraz znaki świetlne z numeracją

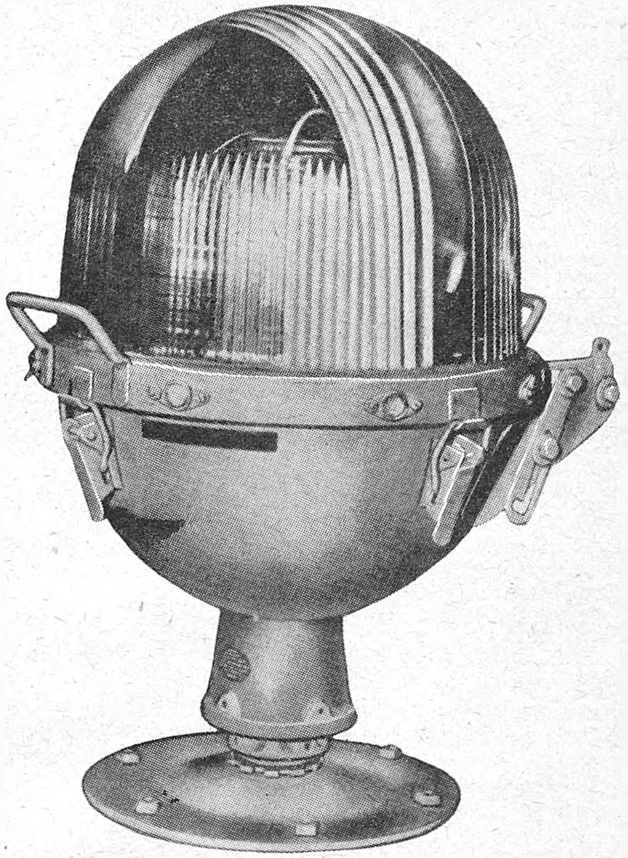


Rys. 7. Rozsył światła bieżniowego (oprawa firmy Bartow)

bieżni i zieloną strzałką („lądowanie dozwolone") tak, by równocześnie zapalić cały układ jednej bieżni i uniknąć nieporozumień.

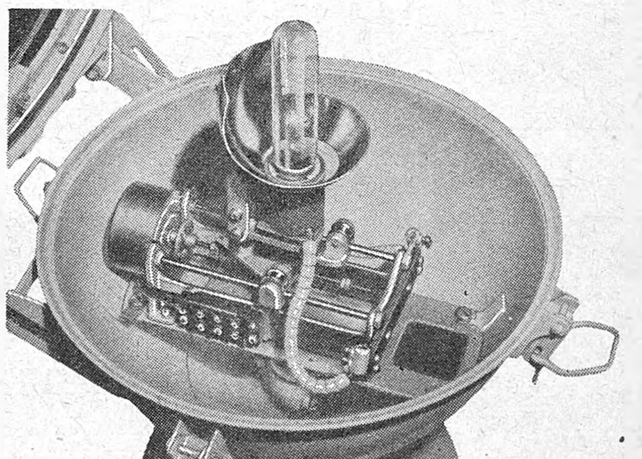
Krzywą rozsyłu światła w formie przesadzonej podaje dla oprawy bieżniowej firma amerykańska Bartow. Rys. 7 uwidacznia dwa skrajne promienie oraz obserwowany przedmiot. Przy dobrej pogodzie (rys. 7a) przedmiot jest widoczny i znajduje się w obrębie zasięgu promieni; przy złej pogodzie i widoczności (rys. 7b) promienie kurczą się, przedmiot x jest poza obrębem i zasięgiem promieni. Na rys. 7c pokazano zwiększenie natężenia promieni przez zmianę napięcia na transformatorze, ale przedmiot jest nadal poza obrębem. Dopiero na ostatnim rys. 7d przez nastawienie ogniskowej obserwowany przedmiot jest widoczny. Firma Bartow w ten sposób dowodzi, że oprawy z urządzeniem do nastawiania ogniskowej spełniają w zupełności swą rolę w warunkach słabej widoczności i nie oślepiają pilota w warunkach dobrej widoczności. Oprawy tego typu oddały dobre usługi podczas ostatniej wojny.

Rys. 8 i 9 podają widok zewnętrzny i wewnętrzny oprawy bieżniowej firmy Bartow. Górna część na zawiasach



Rys. 8. Oprawa bieżniowa — widok zewnętrzny (Bartow)

i klamrach zatrzaskowych, szczelnie zamknięta przed wilgocią, wodą i kurzem, łatwa w obsłudze i konserwacji; postument łamie się w wypadku uderzenia przez koła



Rys. 9. Oprawa bieżniowa — widok wewnętrzny (Bartow)

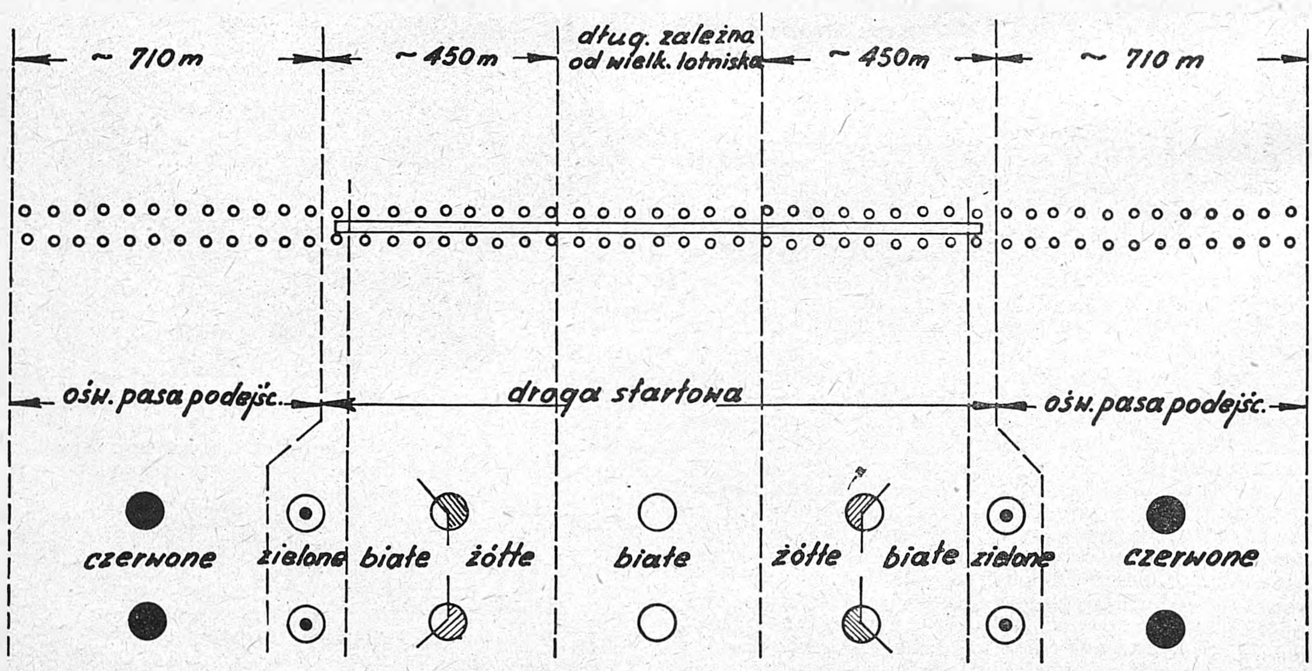
samolotu. Część dolna o silnej budowie zawiera wewnątrz silniczek o mocy 1/6 k. m., szczotki, zmieniacz, prowadnicę, przewody i połączenia.

Tabl. III podaje zestawienia dla różnych układów świateł bieżniowych, z którego widzimy, że światła te, jak poprzednio wspomniano, instalują w dwóch typach — równo z powierzchnią ziemi (największa wys. ok. 5—7 cm) oraz jako wzniesione na postumentach, umieszczone w jednym lub dwóch rzędach równolegle do bieżni.

Typ ten jest konieczny, bo używa się innych źródeł światła oraz układów optycznych, które dostarczają światłości do 100 000 i więcej świec.

Tablica III. Zestawienie różnych układów świateł bieżniowych

Kraj	Źródło światła	Typ	Odstęp między lampami (m)	Największa światłość (św.)	Kolor	Uwagi
Szwecja	6 V, 100 W, żar. + soczew. 220 V, 60 W, z białym lub kolorowym kloszem	równo z pow. bieżni wzniesiony	— —	— —	biały, żółty	regulacja jasności o trzech zakresach
Czechosłowacja	120 W, żar. zainstal. na stożkach	wzniesione	100	—	białe	tymczasowe rozwiązanie
Francja	40 W, żar. Na + reflektor lub projektor lub Bartow	równo z bieżnią wzniesione	— —	— —	żółte	dla dróg do instr. lądow.
U. S. A.	Układ normalny	—	60	—	750 m białe 450 m żółte	projektuje się różne nowe typy o światłości do 80 000 św.
Szwajcaria (Genewa)	Na, SO 250, 2500 lm, 65W	równo z bieżnią wzniesiony	50 —	—	żółty i czerw. progowe ziel. białe i zielone progowe	— nie ma żółtego światła z powodu trudności odróżnienia
Holandia	Żarowe Na + żar.	równo z bieżnią równo z bieżnią	50 25	60 350	białe + 450 m żółte białe + żółte	dla dróg do instr. lądow.
Anglia	6,6 V, 6,6 A żar., 600 lm 6 V, 6 A, dwie lampy z reflektorem	równo z bieżnią równo z bieżnią	15 25	155 3000 lub więcej	białe białe	C_2 C_3 M i E 2336/46 różnokierunk. C_7 w rozwoju
M. K. Ośw Lotn.	—	—	≤ 60	≥ 50	białe + 450 m żółte	



Rys. 10. Układ świateł podejściowych i bieżniowych

Okazuje się, że zasadniczo stosuje się system kolorów zalecany przez Międzyn. Komisję Oświetleniową, tj. biały i żółty. Z punktu widzenia wydajności światła białe mają wielką przewagę nad kolorowymi, które otrzymuje się głównie przez umieszczenie szklanego filtru przed żarówką.

Zazwyczaj praktykuje się stosowanie filtrów przy wszystkich oprawach w obrębie 450 m od końca bieżni. Patrząc w kierunku bieżni widzi się te światła w kolorze żółtym, co ostrzega pilota, że jest w obrębie 450 m od końca bieżni. Te same światła oglądane z końca bieżni w drugą stronę są białe. Przy tym systemie unika się stosowania podwójnych opraw jak na lotnisku różnokierunkowym (rys. 3). Rys. 10 wyjaśnia sposób instalowania tych świateł, oraz progowych i podejściowych, na wojskowych lotniskach amerykańskich.

Początek bieżni wskazuje nadlatującemu pilotowi poprzeczny rząd świateł progowych, wyposażonych w zielone filtry. Światła te uważać można jako uzupełniające

rodzaju instrumentowego lądowania. Pomagają pilotowi do nastawienia się na przygotowaną bieżnię, na którą ma lądować.

Istnieje kilka układów świateł przy podchodzeniu do przestrzeni lądowania, jak na rys. 11, ale do dnia dzisiejszego nie zadecydowano, który najlepiej odpowiada warunkom bezpieczeństwa i który należy stosować.

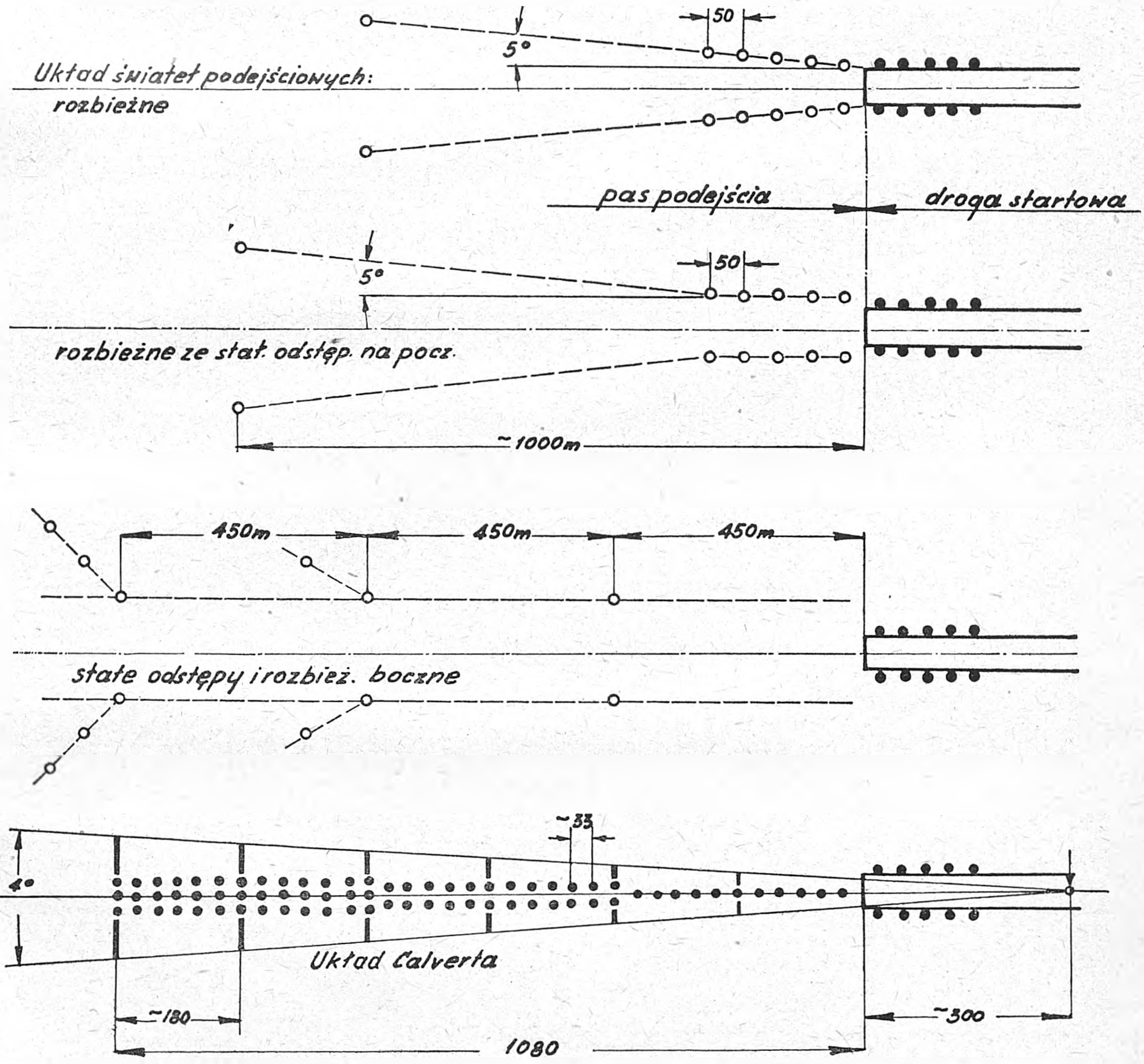
Układy oświetlenia podejściowego (zbliżeniowego) można podzielić na następujące grupy:

A. J e d n o r z ę d n e: rząd świateł zainstalowanych w przedłużonej linii środkowej bieżni, wzgl. równolegle w odległ. 55 m od przedłużonej środkowej linii bieżni.

B. D w u r z ę d n e:

1) z r z ę d a m i r ó w n o l e g ł y m i: dwa rzędy równoległe do przedłużonej środkowej linii bieżni;

2) to samo, lecz jako system pochylonych rzędów przez zmniejszanie wysokości świateł nad ziemią w kierunku bieżni (od 7 m do 0,70);



Rys. 11. Różne układy świateł podejściowych

do świateł bieżniowych. W układach świateł progowych stosowanych w kilku krajach nie ma jeszcze jednolitości i tak np. w Ameryce stosują te same co bieżniowe, z wyjątkiem filtru, który jest zielony.

Holandia używa czerwonego koloru w kierunku bieżni, a białego w kierunku podchodzenia. Zalecenia Międzynarodowego Komitetu to zielone światła progowe.

Podejściowe światła są przedłużeniem bieżniowych i bezwzględnie koniecznym uzupełnieniem do wszelkiego

3) z r z ę d a m i r o z b i e g a j ą c y m i s i ę: dwa rzędy rozbiegające się ze zwiększeniem odległości od wejścia na bieżnię;

4) z r z ę d a m i r o z b i e g a j ą c y m i s i ę, z e s t a ł y m o d s t ę p e m: dwa rzędy ze stałym odstępem na 200 metrach i ze wzrastającymi odstępami dalej.

C. D w u r z ę d n e p r z e r y w a n e: światła równoległe, w odstępach co 450 m, następnie rozbiegające się na boki i zwiększające liczbę świateł.

D. Jednorzędne systemu Calverta (najnowsze): rząd świateł wzdłuż przedłużonej środkowej linii bieżni, następnie światła podwójne, a potem potrójne w odstępach ok. 360 m.

W pewnych wypadkach powyższe układy uzupełnia się specjalnymi światłami, jak np. we Francji — dwa poprzeczne paski, jeden z żółtym światłem w odległ. 400 m od początku bieżni, drugi z czerwonym światłem w odległ. 750 m od bieżni; poza tym używa się zielonego reflektora przy wejściu na bieżnię. W Holandii zainstalowano dwa rzędy świateł zbliżeniowych o wielkiej światłości, neonowe czerwone rurki z pionowym kątem rozsyłu 18⁰ i największej światłości 12 000 świec; odstępy po 100 m między rzędami.

Publikacja Tillsona podaje opis nowego typu światła podejściowego, składającego się z lampy o mocy 5 kW torów, został zainstalowany na lotnisku Cleveland. Trwanie błysków wynosi tylko 17 mikrosekund, a światłość 300 000 świec czyli 10 razy więcej niż zwykłe światło zbliżeniowe.

Cechy charakterystyczne świateł podejściowych zebrane według dostępnych źródeł podano w tabl. IV, z której widać, że w używanych układach nie ma żadnego uzgodnienia światłości, liczby rzędów, odległości rzędów, opraw.

Wracając do naszego przykładu lotniska o twardych bieżniach, widzimy z rys. 6, że światła graniczne, które należały do najstarszej formy oświetlenia, znikły, okazały się niepotrzebne. Przy złej widoczności nie spełniały swej roli. Jeżeli je się jeszcze stosuje, to w unowocześnionej formie, jako dwukolorowe świetlne rury neonowe (na drewnianych postumentach), które świecą zielonym światłem na zewnątrz, a czerwonym od wewnątrz lotniska.

Tablica IV. Zestawienie różnych układów świateł podejściowych

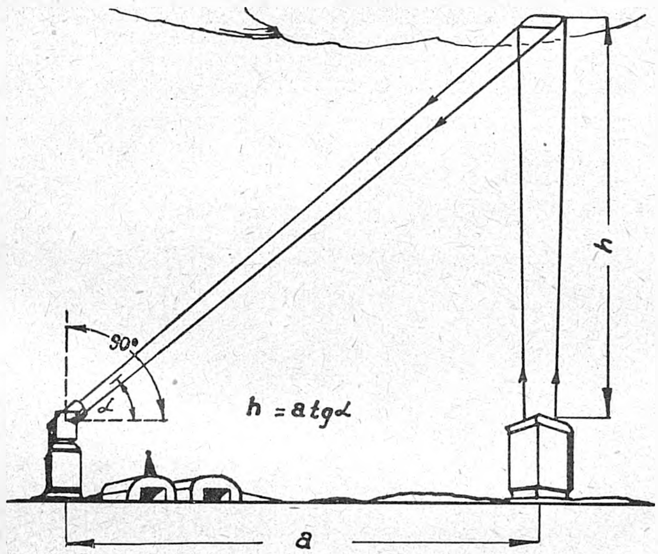
Kraj	Liczba rzędów	Odległ. od linii środkowej (m)	Szer. między dwoma rzędami (m)	Źródło światła	Kolor	Odstępy między lampami (m)	Dług. rzędu (m)	Największa światłość (św.)	Zasięg poziomy	Zasięg pionowy	Uwagi
Szwecja	1	55	—	Hg 120 W, 5000 lm zielony filtr	Hg, zielony	—	—	—	—	—	
		—	—	Hg 120 W, 5000 lm Na 45 W, 2500 lm	żółty	—	—	—	—	—	
Czechosłowacja	1	—	—	75 W czerw. — żar.	czerwony	100	1000	—	—	—	Norm. stosowane
		—	—	125 W Na + zwierc.	żółty	100	1000	—	—	—	Stos. przy złej pogodzie
Francja	1	—	—	Na, SO1000 z parab. zwierciadłem	żółty	50	2000	4500	10⁰	25⁰	Z dwoma poprzecznymi paskami i zielonym reflektorem o 80000 św. i rozpozn. 30⁰ poziome i 5⁰ pionowe
		—	—	250 W żar. i projektor	czerwony			8000 W		10⁰	
U. S. A.	1	25	—	neon 125W z parab. reflektorem	czerwony	30	450	1000	180⁰	—	
	2	30	60	200 W z czerw. filtrem	„	60	—	7000	3⁰	4⁰	Stosowane przez wojsko
	2	30—38	60—76	500 W z cyl. soczewką fren.	czerw. żółte	—	900	25000 cz. 70000 ż.	50⁰	40⁰	System-propon. spec. 32593
Szwajcaria: Genewa	1	—	—	24 V, 500 W z czerw. filtrem	czerwony	50	500	—	—	—	Kombinowany z dwoma neonowymi światłami
Zurych	2	—	—	200 Dlm		50	500	—	—	—	50 m od bieżni 2 m ponad ziemią
Holandia	2	—	60	rurki neonowe	czerwone	50	925	150	180⁰	180⁰	Dobra widoczność
	2	—	60	neon i parab. refl. 2000 W	czerwony	100	1000	12000	100⁰	18⁰	Zła widoczność
Anglia	2	—	200	140 W sodowe, 10000 lm z reflektorem	żółte	500	1500	2900	135⁰	75⁰	Nr A4 M i E 2336—46
	—	—	—	250 W z projekt. i soczewką	czerwone	—	—	900 W	360⁰	10⁰	Nr A5
	—	—	—	500 W z 18″ parab. reflekt.	czerwone lub żółte	—	—	100000 W	15⁰	15⁰	Nr A6

w reflektorze z frenelowską soczewką do regulacji światłości w pionowej płaszczyźnie z urządzeniem do korekty pionowej światłości oraz filtrowania. Światłość wynosi 20 000 świec i można ją regulować w dół do 1%. Światła te zainstalowane są w Dows Prairie w Kalifornii; stosuje się w warunkach bardzo złych dla widoczności.

Innym nowym typem światła podejściowego o wielkiej światłości jest kryptonowe światło błyskowe na 3.3×10^9 świec. Układ z 36 jednostek kryptonowych i 36 jednostek neonowych, umieszczonych przy sobie na przodzie reflektorów,

Reflektory lotniskowe stosuje się do uzupełnienia układu oświetleniowego lotnisk. Montuje się przy końcu bieżni celem oświetlenia bieżni na wprost nadlatującego samolotu. Są trudności w uniknięciu dużej jaskrawości i nieoślepiania pilota. Oświetlenie to powoli zanika, a twierdzenie, że reflektory są potrzebne na wypadek uszkodzenia świateł bieżniowych oraz ze względu na pomoc przy dużych mgłach, nie utrzymuje się. Raczej mają one zastosowanie tam, gdzie brak świateł bieżniowych lub też na lotniskach małych.

Drogi manipulacyjne przeznaczone do rolowania samolotów wyposażone są w te same oprawy, co światła bieżniowe, z wyjątkiem koloru, który tu jest niebieski. Instaluje się w dwóch rzędach lub tylko po lewej stronie, jako jednorzędne. Odległości pomiędzy lampami wynoszą 50 do 60 m. Najnowsze są w kształcie litery V z rur fluoryzujących o niebieskiej barwie światła.



Rys. 12. Projektor pułapowy

Reflektor (projektor) pułapowy. W dążności do jak największego zwiększenia bezpieczeństwa lądowania przy bardzo złych warunkach widzialności stosuje się przyrządy elektronowe, notujące stale i dokładnie stan pułapu nad portem lotniczym. Dotychczas istniejące metody polegały na wykonywaniu pomiarów klinometrycznych i odczytu z obserwacji stanu pogody przy pomocy promieni świetlnych, rzuconych z reflektora pionowo w górę. Obecnie pomiary są zmechanizowane i polegają na tym, że odbite od podstawy chmur promienie świetlne są podjęte za pomocą foto-elektrycznego przewodu rurowego, który wiruje z prędkością 12 obr./min. w płaszczyźnie pionowej, w kącie równym 90° (rys. 12).

Reflektor jest wyposażony w paraboliczne zwierciadło i w światło łukowe o mocy 900 W, powstałe z pary rtęci. Odległość pomiędzy reflektorem a odbiornikiem tj. fotoelektrycznym przewodem rurowym jest stała i ściśle określona. Kąt, pod którym przewód rurowy chwyci światło odbite od podstawy chmury, jest przekształcony, jak wspomniano, w szukaną wysokość pułapu h zapisaną na ruchomej taśmie w obserwatorium meteorologicznym portu lotniczego.

Latarnia lotniskowa. Latarnia ma dostarczyć światła o wielkiej światłości widocznego na bardzo dużej odległości i o szczególnym charakterze, ma dać pilotowi możność stwierdzenia miejsca i tożsamości lotniska niezwłocznie i bezbłędnie. Uzyskuje się to przez obracanie reflektora dookoła jego osi pionowej oraz przez użycie kolorowego filtru, który sprawia, że jeden promień lampy jest kolorowy, a drugi biały. Często używa się lampy sygnalizacyjnej dla uzupełnienia latarni obrotowej, jeżeli ta ostatnia ze względu na teren lotniska musi być zainstalowana dalej poza lotniskiem. Na ogół jednak latarnia powinna znajdować się jak najbliżej powierzchni lądowania, powinna być zawsze widoczna bez przeszkód i nie zawadzać. Dlatego instaluje się ją na dachach budynków, w porcie lotniczym, na wieży kierownictwa lub na słupach żelaznych. Zasada jest, by odległość latarni od środkowej linii żadnej bieżni nie wynosiła mniej niż 300 m oraz żeby nie instalować latarni przy końcu dróg startowych.

Tabl. V podaje dane techniczne różnych typów latarni lotniczych; widać z niej, że kolory stosowane w kilku krajach odbiegają od ustalonych przez Międzynarodowy Komitet Oświetlenia Lotnisk.

W Ameryce między innymi rozpowszechnione są latarnie obrotowe firmy Bartow zaaprobowane przez C. A. A. Dla przykładu zatrzymamy się na nich bliżej. Są dwa typy: dla lotnisk małych I i II klasy o mocy ok. 325 W oraz typ duży dla lotnisk wyższych klas, składających się z zespołu obrotowego z 5 oddzielnymi soczewkami, które wytwarzają 5 promieni z pojedyńczej latarni. Moc żarówki 1000—1500 W, a moc silnika mało-obrotowego ok. 1/6 k. m.

Typ pierwszy przedstawiony na rys. 13 oddaje bardzo dobrą usługę na mniejszych lotniskach; 2 żarówki po 100 W, umieszczone pod kątem 180° względem siebie, wytwarzają promienie — każda do 200 000 św.

Urządzenie transformatora zapewnia procentową zwyżkę napięcia, dając maksymum do 400 000 św., a przy bar-

Tablica V. Zestawienie różnych typów latarni lotniczych

Kraj	Lotnisko	Typ	Światłość (św.)	Uwagi
Szwecja	Gotenburg	220 V, 1500 W, żar., zwierc. 63 cm, 12 obr./min., błysk co 5 sek.	$1{,}5 \times 10^6$ (max)	
		1500 W, żar., soczewki dioptryczne, 3 błyski co 5 sek. w obszarze kąta 7,5° i błysk co 5 sek. w innych kierunkach	$2{,}5 \times 10^6$ (max)	
Czechosłowacja	Praga	1 kW, żar. z 2 parab. zwierciadł., zielone i białe światła na przemian co 5 sek.		
Francja		Tylko białe błyski, ilość i grupa odbiegają od norm M. K. Ośw. Lotn.		Białe i zielone błyski na przemian uważa się za nieodpowiednie, ponieważ natężenie zielonych jest przeważnie mniejsze od białych
U. S. A.	(Norma)	115 V, 1000 W, żar. parab. refl. obrotowy 115 V, 500 W	3×10^6 (max) 10^6 (max)	ANL — 4a
Szwajcaria	Zurych - Kloten	Obrot. projektor Westinghouse'a		
Holandia	Schiphol	1500 W, żar. białe, błysk co 3 sek., podwójne soczewki	4×10^5 (ef) $1 \times 5 \times 10^6$ (max)	Będa zmieniane stosownie do wymagań M. K. O. L.
M. K. Ośw. Lotn.	(Norma)	Białe i zielone, częstotliwość dla wszystkich błysków od 12 do 20 obr./min.	Białe > 100000 św./sek. Zielony > 15000 „ „	

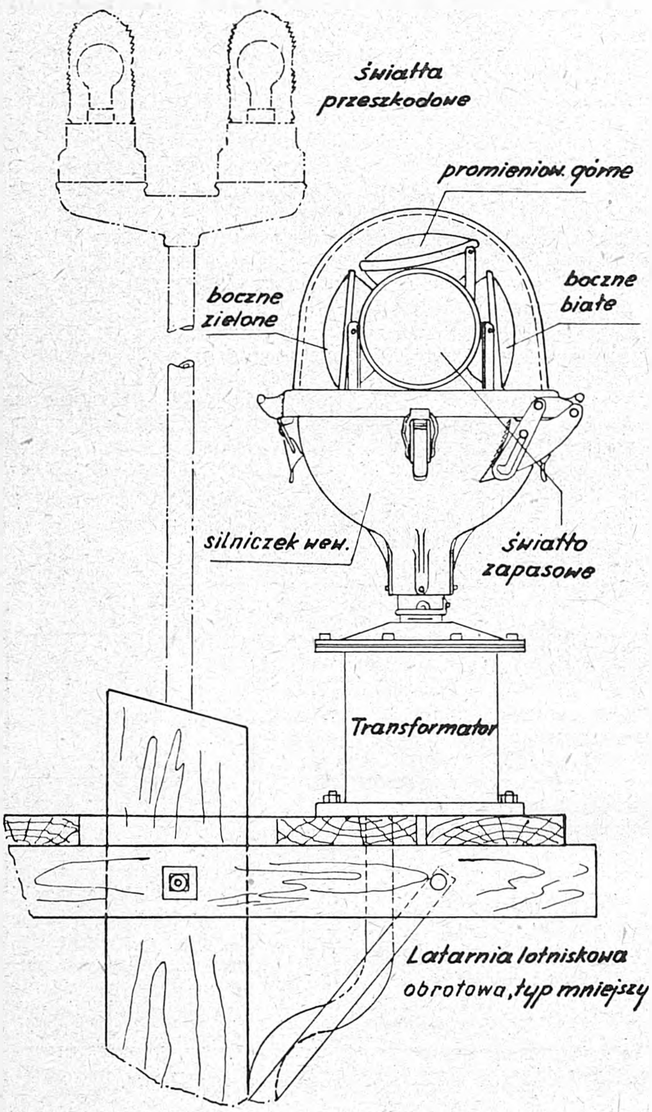
dzo dobrej pogodzie otrzymuje się z tej latarni przy 85% pełnego napięcia około 110 000 św.

Podwójny komplet żarówek zabezpiecza ciągłość światła; na wypadek, gdy jedna żarówka się przepali, włącza się samoczynnie drugi komplet. Urządzenie kontrolne świetlne pokazuje na tablicy kontrolnej kierownictwa ruchu, czy świecą się żarówki normalne, czy zapasowe.

Dodatkowa żarówka ustawiona o 5^0 od pionu umożliwia widzenie latarni z góry i pomaga w ocenie wysokości pułapu.

Cały zestaw umieszczony jest wewnątrz żelaznej podstawy i z góry jest nakryty przezroczystym szkłem, nie ma soczewek ani układu pryzmatów, wymagających napraw, czyszczenia, lub zamiany.

Konstrukcja wewnętrzna mieści w sobie silnik małoobrotowy, z pojedyńczą redukcyjną przekładnią ślima-



Rys. 13. Latarnia lotniskowa firmy Bartow mniejsza

kową, dalej pierścienie ślizgowe, szczotki, zmieniacz prądu, przewody i zaciski.

Transformator obniżający napięcie normalne na 32 V jest umieszczony wprost pod latarnią i służy zarazem za podstawę.

Większa latarnia, 36-calowa, (rys. 14) wytwarza następujące promienie:

a) dwa główne białe i zielone o dużej światłości ustawione pod kątem 180^0 względem siebie,

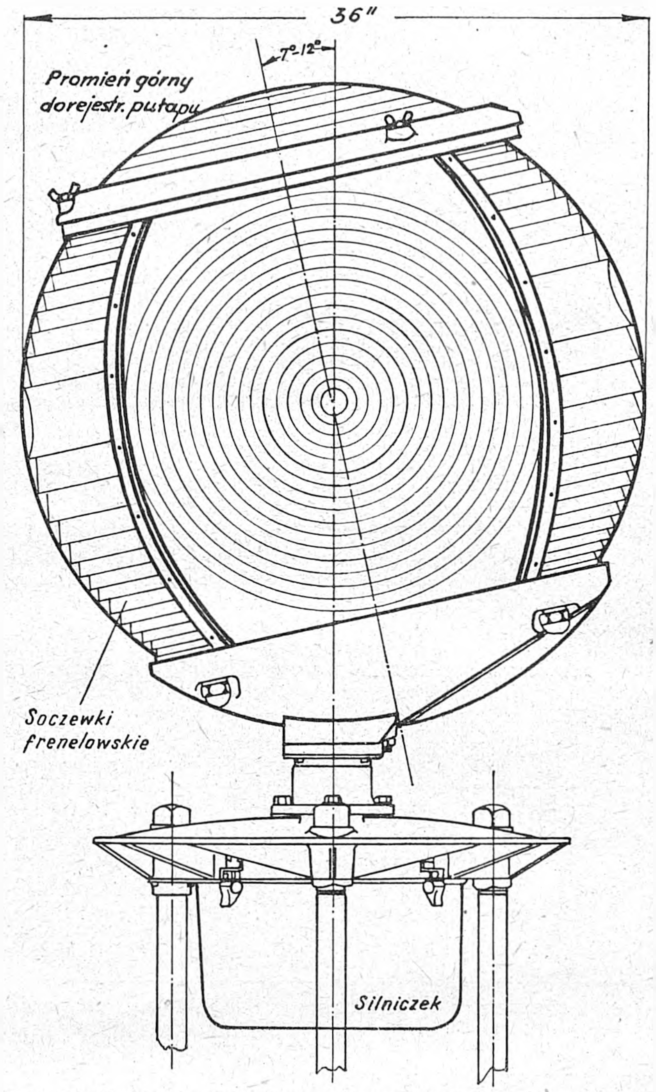
b) dwa promienie białe, mniejsze, wychodzące pod kątem 90^0 w stosunku do promieni głównych,

c) jeden wąski promień górny biały działający jako wskaźnik wysokości pułapu.

Latarnia ta zapewnia bardzo dobrą i ciągłą widoczność, dzięki wyzyskaniu całej wydajności promieniowej żarówek na różnych poziomach.

Zmieniacz samoczynny żarówek umieszczony w latarni włącza zapasową żarówkę na wypadek przepalenia żarówki roboczej. Soczewki cylindryczne frenelowskie.

Wykres na rys. 15 przedstawia rozdział promieni przy każdym obrocie latarni w stosunku do płaszczyzny pionowej, przechodzącej przez środek latarni. Rysunek po-



Rys. 14. Latarnia lotniskowa firmy Bartow większa (36")

daje odległości i wzniesienia, przy których są widoczne promienie świetlne przy dobrej pogodzie (90% widoczności) i przy złej pogodzie (1% widoczności).

Promień A jest skoncentrowanym snopem i przy bardzo dobrych warunkach widzialności, wzdłuż swojej osi środkowej, która jest najjaśniejsza, jest widoczny do odległości 100 km (63 m. ang.) przy założeniu, że obserwacja jest na wysokości 3200 m (10 560 stóp), a oś promienia na wysokości 1^0 od linii horyzontu. Przy tych warunkach promień ten osiąga wysokość 4500 m (15 000 stóp) przy odległości 65 km (41 m. ang.).

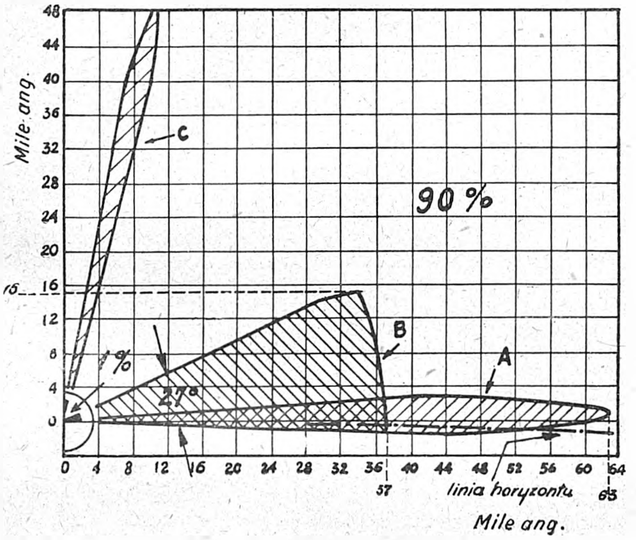
Promień B jest snopem światła o mniejszym natężeniu, a przy 90% widoczności tzn. przy bardzo dobrej pogodzie widoczny jest w odległości 60 km (37 m. ang.). Największy kąt promienia ponad linią horyzontu wynosi 27^0 i sięga do wysokości 24 km.

Promień C jest snopem pułapowym obracającym się pomiędzy 7^0 a 12^0 od linii pionu, widocznym na wysokości 77 km (48 m. ang.) ponad ziemią. Snop ten przy dobrej pogodzie nie ma znaczenia dla ruchu lotniczego z wyjątkiem lotów stratosferycznych. Przy złej pogodzie ma wielką wartość przy ustalaniu wysokości pułapu i łącznie ze snopem B stanowi najważniejszą część latarni.

W warunkach złej widoczności (1%) odległości i wysokości są znacznie mniejsze: dla snopa A odległość wy-

nosi 4,5 km (2,8 m. ang.), wysokość 300 m (1000 stóp), a dla snopa B odległość 3,5 km (2,2 m. ang.) przy wysokości 1500 m (5000 stóp).

Uruchamianie świateł odbywa się podobnie jak w pierwszym przypadku z wieży kierownictwa ruchu i na ta-



Rys. 15. Rozsył światła obrotowej latarni lotniskowej większej (Bartow)

blicy obok przycisków do danej kategorii świateł bieżniowych wzgl. innych umieszczone są kolorowe światła kontrolne.

W wypadkach specjalnych kierownictwo używa ponadto ręcznego reflektora do regulacji ruchu, ale taki reflektor ani światła na wieży i na obszarze lądowania nie wyczerpują dostatecznie zagadnienia i sprawa regulacji ruchu jest przedmiotem dalszych badań.

4. Wyniki z doświadczeń i prób dokonanych w r. 1943.

Grupa fachowców armii i marynarki dokonała lotów próbnych w Nowej Fundlandii celem przekonania się, czy zespoły świetlne przyziemne są pomocne w dokonywaniu lądowań w warunkach słabej widoczności, jeżeli „podchodzenie" odbywa się przy pomocy radia.

Prób dokonano przy niskich pułapach w dzień przy mgle i zaciemnionej bieżni.

W wyniku tych doświadczeń ustalono:

1) światła podejściowe i bieżniowe dają wybitną pomoc; wskazują położenie bieżni, pozwalając w ostatniej minucie na konieczne wyrównanie dla bezpiecznego lądowania; bez tych świateł lądowanie byłoby niemożliwe;

2) pomoc radiowa powinna być dostępna dla instrumentowego podchodzenia z obu kierunków przy normalnym lądowaniu;

3) wybrana bieżnia musi posiadać dostęp wolny na obu końcach tak, aby dozwalała na instrumentowe podchodzenie do bieżni, na poderwanie, jeżeli lądowanie jest niewykonalne, i powrót do drugiej próby; pozwoli to również na podchodzenie z obu końców;

4) drogę podchodzenia należy oznaczyć światłami rozciągającymi się na długości ok. 730 m (2400 stóp), licząc od końca bieżni;

5) światła wzdłuż bieżni powinny być umieszczone na krawędzi, najlepiej nie więcej niż 90 m (300 stóp) między rzędami;

6) światła bieżniowe i podejściowe powinny tworzyć jedną ciągłość świateł przy rozstawieniu lamp mniej więcej co 60 m (200 stóp);

7) światła bieżniowe i podejściowe powinny się łatwo odróżniać przez stosowanie kolorów (podejściowe — czerwone, bieżniowe — żółte i białe);

8) oprawy świetlne (białe bieżniowe) powinny być nastawiane na wymaganą światłość.

Rozważano przy tych próbach każdą praktyczną możliwość kombinacji kolorów oraz układów i odległości; jednomyślnie przyjęte wnioski są obecnie stosowane na lotniskach wojskowych w Ameryce.

5. Wnioski z kongresu Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w 1948 r.

1. Pomimo dokonania poważnego postępu w zagadnieniu świateł zbliżeniowych M. K. Ośw. jest zdania, że należy przeprowadzić dalsze próby dla potwierdzenia i skoordynowania osiągniętych wyników przed ostatecznym ich zatwierdzeniem.

2. Zaleca się przyjąć za podstawę dla przyszłych propozycji w sprawie świateł zbliżeniowych układ podany w referacie Komitetu Stanów Zjednoczonych.

3. Z doświadczenia zebranego we Francji przy zastosowaniu poprzecznych pasków w oświetleniu zbliżeniowym oraz w Anglii, gdzie poprzeczne elementy okazały swą wartość, należy korzystać i wypróbować nowe zasady w najbliższym czasie.

4. Zaleca się popieranie międzynarodowej współpracy w próbach różnych układów dla świateł zbliżeniowych, zapraszanie przedstawicieli komitetów krajowych w charakterze obserwatorów przy próbach i przy ich omawianiu.

5. Uchwalono zebrać informacje od komitetów krajowych w sprawie ograniczania kątów widzialności z samolotów przy podchodzeniu (widzialność pilota w dół z kabiny samolotu).

6. Zaleca się używać niebieskiego koloru do oświetlenia dróg manipulacyjnych.

7. Przyjmuje się jako zasadę, że światła progowe są zielone i zainstalowane na obu krańcach drogi startowej.

LITERATURA

1. Civilni Letectvi (Praha). 1947, II, Nr 4
2. Harding W. T. Trend in aviation lighting (Ill. Eng., 1944)
3. Internationale Beleuchtungskommission, X. Tagung in Scheveningen (Wien, 1942)
4. Soucek J. Planovani Letist (Praha, 1948)
5. Airport Lighting (Inter Avia, 1948, Nr 6)

INŻ. JÓZEF SREBRZYŃSKI

Oświetlenie teatralne

Treść. Teatr jako obiekt specjalny z punktu widzenia techniki oświetlenia. Rzut oka na skomplikowane urządzenia efektów świetlnych. Rozwój techniki dekoracyjnej przy wykorzystaniu energii elektrycznej. Encyklopedyczne przedstawienie urządzeń i techniki działania efektów świetlnych na scenie oraz zasady projektowania oświetlenia na podstawie obowiązujących przepisów. Typowe urządzenia oświetleniowe nowoczesnych teatrów.

Театральное освещение. Театр как специальная область осветительной техники. Краткое обозрение сложных устройств для получения световых эффектов. Развитие декоративной техники при использовании электрической энергии. Энциклопедическое изложение техники сценического освещения и основы проектирования освещения применительно к действующим предписаниям. Типичные осветительные установки современных театров.

Theatre Lighting. The theatre as a particular object from the point of view of lighting technique. A glance of the complicated equipment for producing lighting effects. Development of decor technique by utilizing electric energy. Encyclopedic description of the equipment and technique for the production of lighting effects on the stage, and the principles of planning such lighting in conformity with effective regulations. Typical lighting equipment in modern theatres.

1. Wstęp.

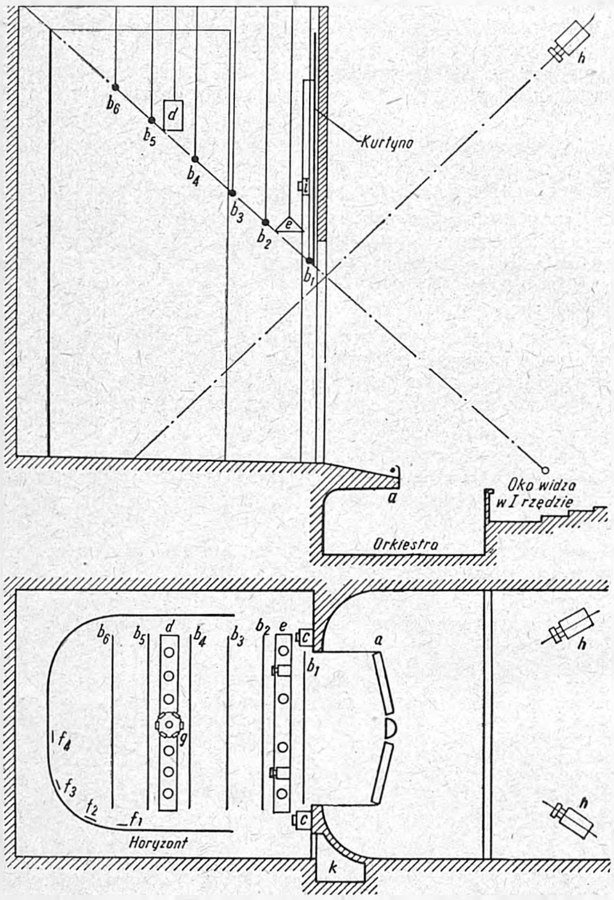
Oświetlenie teatralne jest zagadnieniem odrębnym w ogólnej problematyce oświetlenia dekoracyjnego. W teatrze na ogół nie mamy do czynienia ze światłem sztywnym, nieruchomym, niezmiennym. Światło w teatrze powinno stwarzać ruch i wyzwalać, dzięki stałemu rozwojowi techniki, nowe możliwości wytwarzania efektów i nastrojów graniczących ze światłem czarodziejskim.

Światło teatralne jest światłem sztucznym, a więc jest światłem kolorowym, ponieważ w wytworzonej gamie świetlnej bądź brakuje pewnych kolorów, bądź też niektóre kolory występują w nadmiarze, co powoduje zabar-

wienie światła sztucznego. Zabarwienie takie można stwierdzić nawet w świetle lampy fluoryzującej o tak zwanym białodziennym odcieniu, zapaliwszy taką lampę w dzień. Jeżeli naturalne dzienne światło nazywać będziemy światłem białym, to żarówka wytwarza światło o zabarwieniu żółtym, neonówka czerwonym, lampa sodowa żółtym, a rtęciowa niebiesko-zielonym.

Zasadniczym źródłem światła teatralnego pozostaje zwykła żarówka z włóknem wolframowym. Ogrzana do dostatecznie wysokiej temperatury promieniuje ona widmo ciągłe o zanikającym zabarwieniu w miarę wzrostu temperatury. Tym też tłumaczy się stosowanie w instalacjach teatralnych żarówek o dużej mocy, a specjalnie dużym prądzie z przejściem na napięcia poniżej normalnych. Przy regulacji strumienia świetlnego, a więc stosowaniu zmiennych natężeń prądu powodujemy przy włączeniu oporu zmniejszenie widma od strony fal krótszych, czyli stwarzamy światło o kolorze pomarańczowym. Zjawisko to występuje bardziej niekorzystnie przy większym napięciu punktów świetlnych, wskutek czego żarówki niskonapięciowe zajmują poważną pozycję w oświetleniu teatralnym.

Dla uzyskania jednak kontrastów korzystne jest stosowanie światła jednobarwnego lub — dla wywołania nie-



Rys. 1. Oświetlenie sceny (schemat ogólny)

a rampa dolna
b rampy górne
c wieże z reflektorami scenicznymi
d most z lampami horyzontowymi
e most z reflektorami górnymi
f podświetlacze
g aparat chmurowy
h reflektory przedsceniczne
i aparat projekcyjny
k kabina elektryka

zwykłych efektów — czarnego światła Wooda. Otrzymać je można przy pomocy lamp specjalnej budowy oraz przez zastosowanie kolorowych filtrów. W związku z kolorowym oświetleniem stosuje się specjalną technikę malowania dekoracji i charakteryzacji artystów. To też pewne prawa fizyki z dziedziny oświetlenia nie powinny być obce tym, którzy teatr budują, dekorują, którzy charakteryzują aktorów, a przede wszystkim powinny być znane operatorowi elektrotechnicznemu.

Oświetlenie teatralne można podzielić na trzy zasadnicze działy, z których najpoważniejszą pozycję zajmuje oświetlenie sceny, drugą z kolei — oświetlenie widowni, a trzecią — oświetlenie pozostałych pomieszczeń teatralnych. Odrębną pozycję stanowią światła do celów specjalnych, podyktowanych względami bezpieczeństwa.

2. Oświetlenie sceny.

Nowoczesne tendencje występujące w architekturze sceny pozwalają przypuszczać, że zwyczaj odseparowania widza od sceny, symbolizowany przez podium przedsceniczne i żelazną kurtynę, zaciera się coraz bardziej i teatr przyszłości będzie miał zadanie nawiązania ściślejszego kontaktu między aktorem a obserwatorem. Rezultatem tych przemian jest wysunięcie sceny na widownię, bezpośrednia styczność odtwórcy z publicznością. W związku z tym pewnym przemianom będzie podlegało również oświetlenie sceny. Dla wyjaśnienia technicznego samego zagadnienia podamy jednak opis sceny klasycznej, której charakterystyczna technika oświetleniowa zawsze będzie się powtarzała, a dodatkowe elementy i przystosowanie się do wymagań lokalnych sprowadzi się jedynie do uzupełnienia instalacji istniejących.

Rys. 1 przedstawia tę właśnie klasyczną scenę ze wszystkimi podstawowymi urządzeniami służącymi do jej oświetlenia.

R a m p a d o l n a umocowana na krawędzi sceny oświetla przedscenie i kurtyne, a po jej podniesieniu aktorów i dekorację i stanowi jedno z zasadniczych i nielicznych podświetleń z dołu; strumień świetlny rampy jest skierowany, pod kątem około 30⁰ do poziomu, na scenę. Rampa teatralna składa się z dwumetrowych odcinków zawierających 12 komór reflektorowych z odbłyskiem metalowym z oprawką na gwint normalny E27. Każdą komorę można przesłonić filtrem celofanowym lub szklanym. Przeważnie stosuje się 4 zasadnicze barwy filtrów: czerwony, żółty, niebieski i bezbarwny. Do normalnego oświetlenia sceny stosuje się na przemian wymienione filtry, których zmiana może następować jedynie w czasie przerw w przedstawieniu.

Kształt rampy dolnej odpowiada krawędzi sceny, a poszczególne odcinki muszą być tak ułożone, żeby widz z bocznego zewnętrznego krzesła nie mógł dostrzec czołowej powierzchni rampy. Nie należy dopuszczać również do podświetlenia bocznych pilastrów sceny przez zewnętrzne lampy dolnej rampy. Powyższe warunki określają długość rampy, która wobec zaokrąglenia przedscenia jest nie wiele krótsza od szerokości otworu scenicznego. Zasadniczo rampa dolna jest umocowana na stałe, przy czym pochylenie przedscenia w stronę widowni musi odpowiadać przynajmniej wysokości rampy, aby nie przeszkadzać widzowi pierwszego rzędu krzeseł w obserwacji poziomu sceny.

Ruchome rampy dolne lub rampy odmiennej konstrukcji nie przyjęły się w technice oświetlenia teatralnego.

Strumień świetlny dostarczany przez rampę dolną zależy od mocy żarówek. Normalna moc żarówki rampy dolnej wynosi 100 W. W wypadku przedscenia wysuniętego na widownię można zastosować żarówki na 200 W. Większej mocy stosować nie należy ze względu na możliwość oślepiania aktora przy nadmiernej jaskrawości, albowiem strumień świetlny kierowany przez odbłysk wpada bezpośrednio do nieosłoniętego oka aktora. Teatry amerykańskie zwiększają strumień świetlny rampy dolnej nie wywołując nadmiernej jaskrawości, stosują bowiem rampę podwójną — jeden szereg nad drugim.

R a m p y g ó r n e są zawieszone wzdłuż sceny na konstrukcji ruchomej (pomost) opuszczanej, bądź podnoszonej przy pomocy bloków. Liczba ramp górnych jest związana z głębokością sceny. Pierwszy pomost znajduje się bezpośrednio za kurtyną, następne — w odległości co 2 metry. Użytkowanie wszystkich ramp zdarza się jedynie w wypadku niestosowania horyzontu, którego oświetlenie eliminuje rampy umieszczone w głębi sceny. Budowa ramp górnych jest taka sama, jak rampy dolnej, z tą różnicą, że poszczególne odcinki umocowane na konstrukcji tworzą linię prostą, co jest związane z ruchem pionowym pozostałych urządzeń oświetleniowych i dekoracyjnych. Długość ramp górnych odpowiada szerokości sceny.

Ze względu na zawieszenie ramp górnych ponad poziomem podniesionej kurtyny można zwiększyć poważnie strumień świetlny, dzięki czemu normalna moc żarówki

rampy górnej wynosi 200 W, a w teatrach dużych dochodzi do 500 W.

Wieże z reflektorami scenicznymi są ustawione po obu stronach sceny i posiadają kilka kondygnacji, na których są zmontowane reflektory portalowe soczewkowe z odbłyskiem parabolicznym oraz kompletem czterobarwnych filtrów, zmienianych przy pomocy układu elektromagnetycznego, silnikowego, przy pomocy sprężonego powietrza lub też układu linek stalowych. Gwint oprawki E 40 pozwala zastosować żarówkę większej mocy, która przeważnie wynosi 1000 W.

Drugim rodzajem reflektorów mających poważne zastosowanie w technice oświetleniowej są reflektory punktowe, posiadające regulowaną ogniskową soczewki, względnie regulację ustawienia żarówki z odbłyskiem. Przez zastosowanie niskonapięciowej żarówki dużej mocy przy specjalnej konstrukcji włókna wydobywa się efekty świetlne całego widma widzialnego.

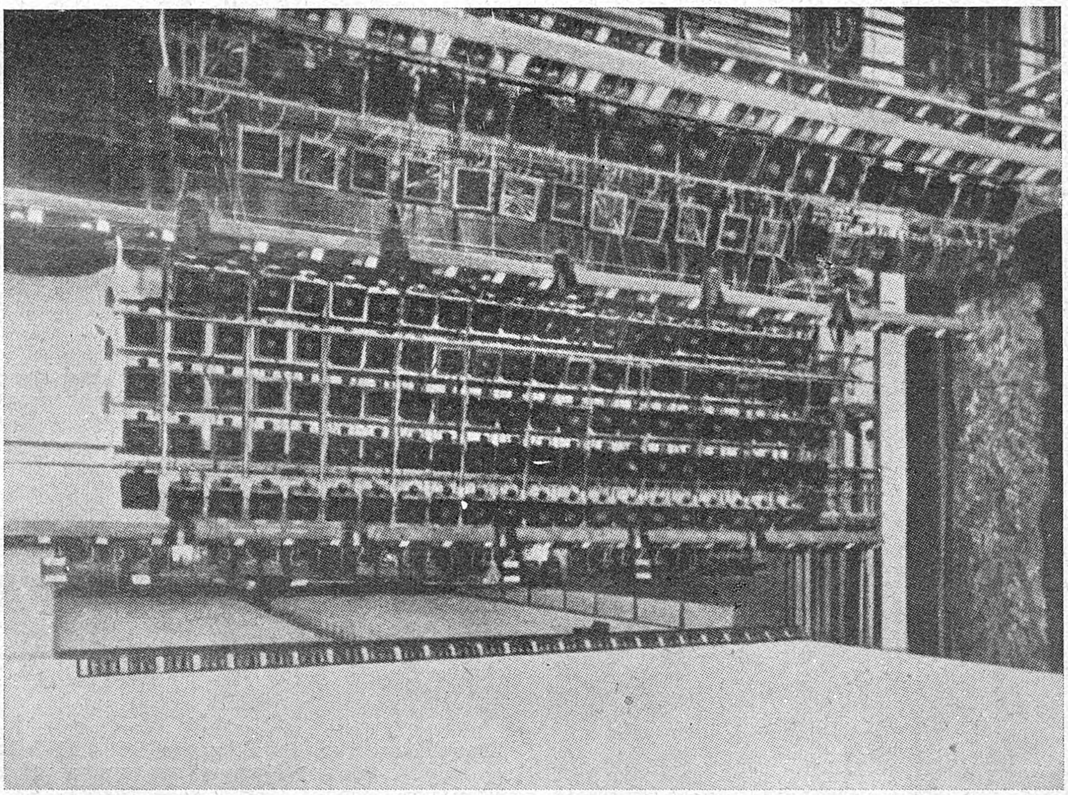
Liczba reflektorów na wieżach, zależna od rodzajów przedstawienia, jest poważna i obfitość jest w danym wypadku zawsze zalecana.

Most z lampami horyzontowymi jest zawieszony równolegle do pomostów rampowych w środkowej części sceny. Lampy horyzontowe zawieszone na moście oświetlają horyzont rozwinięty na obwodzie scenicznym. Oświetlenie horyzontowe stosuje się tylko w pewnych wypadkach, ale z chwilą zastosowania horyzontu oświetlenie musi dać oczekiwany efekt. Z tych względów stosuje się często dodatkowe mosty horyzontowe (jeden lub dwa) o mniejszych wymiarach, wyposażone w dużą liczbę punktów świetlnych o dużej mocy przy zachowaniu możności ustawienia mostów na różnych wysokościach.

Lampa horyzontowa kształtu cylindrycznego z reflektorem jest zaopatrzona w prowadnice do wsuwania półkolistych filtrów w kolorach: białym, złotosłonecznym, pomarańczowo-czerwonym (wschód i zachód słońca), ciemnoniebieskim, zielonoksiężycowym i zielonym. Do lampy horyzontowej stosuje się żarówkę rurową („sofitową") o mocy 1000 W. Liczba lamp horyzontowych jest ściśle związana z wymiarami horyzontu. Dla niewielkiej sceny przyjmuje się 40 lamp horyzontowych na moście głównym i 20 na moście pomocniczym. Kształt lamp może być prostokątny, lecz w tym wypadku wymagana jest dodatkowa manipulacja przy użyciu silników pomocniczych.

Przy odmiennym kształcie lamp horyzontowych stosuje się żarówki kuliste zwykle dla światła białego, żółtego, zielonego i czerwonego, natomiast dla światła niebieskiego, które jest silnie absorbowane przez jasne tło horyzontu, lampy rtęciowe. Most z lampami horyzontowymi i pomostami oświetlenia górnego podany jest na rys. 2.

Most z reflektorami górnymi jest zawieszony równolegle do poprzednich w przedniej części sceny. Lampy górne służą wyłącznie do oświetlenia powierzchni sceny i posiadają możność regulacji ogniskowej, a więc i zmiany średnicy oświetlonego kręgu. Przewiduje się lampy o regulowanym kącie rozsyłu strumienia świetlnego w granicach 70^0—110^0 i lampy o wąskim kącie zawartym w granicach od 30 do 70^0. Niezależnie od soczewek lampy są zaopatrzone w wysokiej klasy reflektory skierowujące całkowity strumień w dół i czterokolorowe przesłony z automatycznym przesuwem elektromagnetycznym sterowanym z odległości. Moc żarówki kulistej w reflektorach górnych wynosi co najmniej 1000 W.



Rys. 2. Most z lampami horyzontowymi i pomostami oświetlenia górnego (opera w Londynie)

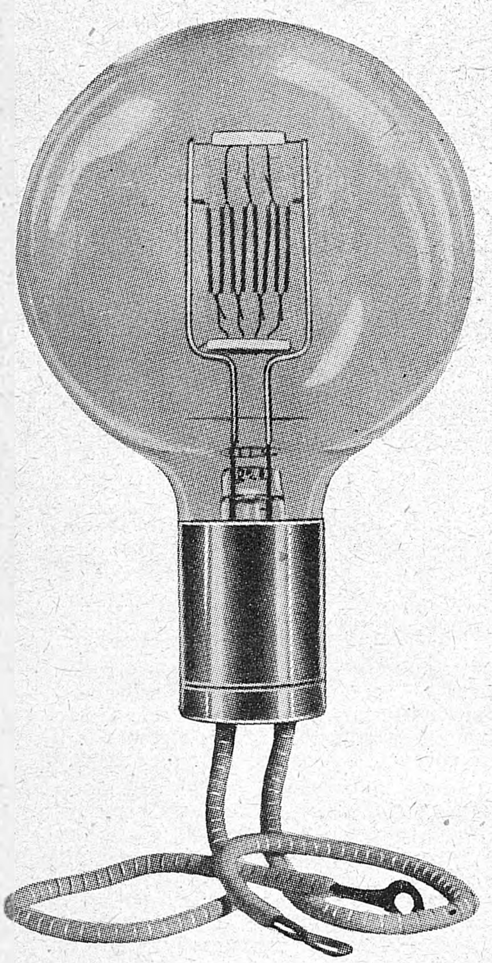
Podświetlacze są to przenośne reflektory stojące na podłodze scenicznej i służące do oświetlenia horyzontu i dekoracji w miejscach przeważnie bocznych, gdzie strumień powstały od lamp i reflektorów umieszczonych na mostach i wieżach, jest niedostateczny. Podświetlacze posiadają reflektor rynnowy o przekroju parabolicznym i są zaopatrzone w żarówkę „sofitową" mocy 1000 W. Podświetlacze, których sznur jest zakończony znormalizowaną wtyczką teatralną, wymagają szeregu gniazd przeważnie na obwodzie sceny.

Aparat chmurowy służy do wyświetlenia chmury obrazu na horyzoncie. Zawieszony w środku sceny posiada kilkanaście wzorów sfotografowanych chmur, które przy pomocy tej samej liczby układów optycznych soczewkowych i lusterkowych poruszanych silnikiem rzucają wyświetlony obraz chmur na ekran. Moc żarówki rzędu 3 kW.

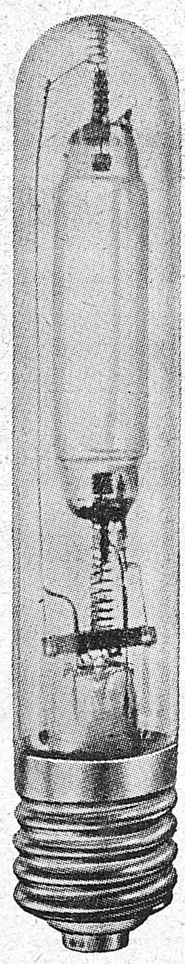
Reflektory przedsceniczne są umieszczone w dowolnych punktach widowni i mają na celu uzupełnienie świateł scenicznych. Zasadą oświetlenia powstałego od reflektorów przedscenicznych jest rzucenie strumienia świetlnego wprost na aktora na wysokości jego twarzy, dzięki czemu uzyskuje się korzystne oświetlenie osoby bez występowania szkodliwych cieni, które wywołuje oświetlenie górne i boczne. Warunek powyższy określa automatycznie miejsce zainstalowania tych reflektorów na osi symetrii widowni i sceny, na wysokości pierwszego

lub drugiego piętra. Obawa przed spowodowaniem przeszkody w obserwacji odpada całkowicie dla widzów siedzących poniżej strumienia świetlnego wysyłanego przez reflektory, a jest częściowo usunięta dla pozostałych dzięki odpowiedniemu zwężeniu snopa świetlnego przy zastosowaniu układów optycznych. Dużą rolę odgrywa również czystość powietrza na widowni, ponieważ tylko zawiesiny kurzu w powietrzu powodują widoczność strumienia świetlnego. Ten najdogodniejszy wybór miejsca na reflektory przedsceniczne nie zawsze jest możliwy, gdyż często stoją temu na przeszkodzie względy architektoniczne. Z tych właśnie względów często umieszczamy reflektory przedsceniczne symetrycznie z boku widowni lub w otworze sufitowym, korzystając z zawieszenia centralnego świecznika. Nie są, oczywiście, godne zalecenia reflektory wiszące na widowni na wspornikach, których oprawy szpecą salę, a manipulacja przeszkadza widzowi w obserwowaniu akcji.

Żarówki reflektorów punktowych — przeważnie niskonapięciowe o mocy rzędu 1000 W — muszą posiadać specjalną budowę w związku ze skomplikowanym układem optycznym soczewkowym i odbłyskowym oraz regulacją



Rys. 3. Żarówka punktowa (Luma)



Rys. 4. Lampa rtęciowa (Luma)

ogniskową. Czterobarwne filtry mogą posiadać manipulację jedynie zdalną.

A p a r a t p r o j e k c y j n y stosuje się w nowoczesnych teatrach do wywołania ciekawych efektów lub zastąpienia dekoracji. Wyświetlanie obrazu odbywa się przeważnie na płaszczyźnie horyzontu zwróconej do widza. Ze względu na wymiary horyzontu należy stosować więcej niż jeden aparat projekcyjny. Normalne rozmieszczenie jest w danym wypadku następujące: dwa aparaty na wieżach scenicznych i jeden na moście stałym bezpośrednio za kurtyną, dzięki czemu można otrzymać obraz nieruchomy. Przy skomplikowanym układzie optycznym należy dokładnie ustawić w ogniskowej specjalną żarówkę projekcyjną o skupionym punkcie żarzenia włókna i wielkiej światłości np. żarówki niskonapięciowe o mocy 3000 W.

K a b i n a e l e k t r y k a musi być umieszczona w ten sposób, aby operator mógł obserwować widowisko, a więc powinna się znajdować w pobliżu sceny. Istnieją dwa zasadnicze rozwiązania: manipulacja bezpośrednia i manipulacja zdalna. Przy manipulacji bezpośredniej główny elektryk znajduje się w kabinie zbudowanej we wnęce scenicznej, a więc obserwuje scenę od przodu, lecz z boku. Bezpośrednio przy nim znajduje się tablica rozdzielcza i nastawnia do regulacji strumienia świetlnego lamp. Regulatory są systemu oporowego lub potencjometrycznego (autotransformatory), a przy dużych nastawniach stosuje się napęd silnikowy. Zaledwie część urządzeń regulacyjnych mieści się w kabinie elektryka, pozostałe są rozmieszczone na kilku kondygnacjach kabiny tworząc niejednokrotnie kilkopiętrową wieżę.

Przy manipulacji zdalnej główny elektryk znajduje się w pobliżu suflera lub w pomieszczeniu orkiestry wraz ze stołem manipulacyjnym, zaopatrzonym w klawiaturę i szereg przełączników, przy których pomocy steruje rozdziałem energii elektrycznej dzięki mechanicznym napędom poszczególnych urządzeń. W tym wypadku urządzenia regulacyjne mogą się znajdować w dowolnym pomieszczeniu, jednak ze względu na spadki napięć zaleca się przewidzieć ich ustawienie w pobliżu sceny.

Szereg urządzeń świetlnych dodatkowych — światła robocze i urządzenia siłowe — uzupełniają skomplikowany zespół urządzeń elektrycznych stosowanych na scenie teatralnej.

3. Postęp w technice oświetlenia teatralnego.

Do czasu wojny stosowano dwa typy lamp, a mianowicie lampy łukowe i żarówki. Działania wojenne wstrzymały rozwój oświetlenia teatralnego, a lata powojenne są pełne poszukiwań nowych kierunków, które krystalizują się na następujących przesłankach: usuwanie lampy łukowej, zwiększanie mocy żarówek, stosowanie lamp fluoryzujących. Nawiązano ścisłą współpracę elektryka, dekoratora i reżysera i ustalono zasadę, że jeżeli oświetlenie sceny nie odzwierciadla natury, np. pory dnia, sezonu, to musi stwarzać odpowiednią atmosferę, np. nastrój dramatyczny. Dlatego poszukiwania szły w kierunku określenia koloru, natężenia światła i zmiany naświetlenia; ze względu na wysokie koszty doświadczenia były robione jedynie w sporadycznych wypadkach.

A. Źródła światła

Zasadniczym źródłem światła jest nadal żarówka, której moc została zwiększona zarówno w celu osiągnięcia pożądanego efektu, jak i ze względów ekonomicznych. Nowoczesne żarówki posiadają następującą sprawność przy napięciu 220 V:

25 W — 10 lm/W	500 W — 17 lm/W
100 W — 14 lm/W	1000 W — 19 lm/W

Natomiast żarówka punktowa o mocy 1000 W przy napięciu 30 V posiada sprawność 28 lm/W i to jest powodem stosowania żarówek niskonapięciowych dużej mocy. Oczywiście, podwyższenie temperatury skraca trwałość drucika i dlatego trwałość żarówki punktowej określono na 200 godzin.

Umieszczenie żarówki w ogniskowej układu optycznego wymaga stworzenia możliwie skupionego, punktowego światła. Uzyskuje się to dzięki specjalnemu zawieszeniu drucika. Typową żarówkę punktową przedstawia rys. 3. Stosowana do lamp projekcyjnych o mocy 3000 W przy napięciu 120 V daje strumień świetlny 72 000 lm. Średnica bańki 170 mm, trzonek jak na rys. 3 lub E40. Pewną rolę odgrywa również kształt bańki. Małe reflektory wymagają małej bańki, lecz mała bańka nagrzewa się szybciej i do wyższej temperatury, co ułatwia tworzenie się ciemnego osadu, który dyskwalifikuje żarówkę. Wadę tę konstrukcyjnie usuwa się przez zastąpienie bańki kulistej bańką cylindryczną i umieszczenie drucika jak najdalej od oprawki. Bańka przy oprawce chłodzi się łatwiej i tu osadza się nalot, część zaś wysyłająca strumień pozostaje niezaciemniona. Żarówki o bańce cylindrycznej wykonuje się dla mocy do 2000 W. Dla żarówek do 500 W używa się zwykłego szkła, dla mocy większych — specjalnie odpornego na wysoką temperaturę.

Z szeregu lamp specjalnych, które zjawiły się w ostatnich latach, niewiele można użyć do oświetlenia scenicznego. Lampy wyładowcze nie znalazły zastosowania wskutek niejednakowego momentu zapłonu, niemożności regulacji strumienia świetlnego i trudności zapłonu. Je-

dynie w pewnych wypadkach stosuje się lampy rtęciowe i tzw. „czarne światło“ Wooda.

Wysyłanie światła jest spowodowane przechodzeniem elektronów z jednej orbity (poziomu) na drugą w pojedyńczym atomie. Te właśnie drgające elektrony wywołują falę elektromagnetyczną odpowiedniej częstotliwości, związaną z pierwiastkiem, który jest pobudzany. Linie widmowe powstające ze zjonizowanych atomów występują tylko w wysokich temperaturach, a więc w parach pierwiastków.

Rozgrzane pary rtęci poddane wyładowaniom wysyłają intensywne linie widmowe w kolorze zielonym i żółtym, mniej intensywne w kolorze niebieskim i fioletowym i słabe linie czerwone. Z tych względów nadają się specjalnie dobrze do oświetlenia horyzontowego przy zastosowaniu filtrów niebiesko-zielonych, gdyż po przejściu przez nie światło nabiera wyjątkowo przyjemnej barwy nieba i naturalnego światła słonecznego. Nie wolno natomiast tego prawie jednobarwnego światła dawać do bezpośredniego oświetlenia aktorów (umalowanych szminkami) i kolorowych dekoracji, ponieważ zniekształciłoby to efekt użycia barw powstających przy zastosowaniu sztucznego światła o widmie ciągłym. Lampę rtęciową o mocy 250 W i wydajności 40 lm/W przedstawia rys. 4. Rurowy kształt lampy o długości 260 mm i średnicy 46 mm predystynuje ją do urządzeń horyzontowych. Niezależnie od ekonomicznego zużycia energii lampy rtęciowe wydzielają mniej ciepła niż żarówki, z czym należy się liczyć przy zużyciu przeciętnie 50—100 kW energii dla światła horyzontowego. Trwałość lamp rtęciowych przekracza parokrotnie trwałość równorzędnej żarówki. Dla spokojnego palenia zachodzi konieczność stosowania dławika przy 220 V lub autotransformatora przy 120 V.

Ponieważ najwięcej materiałów fluorescencyjnych reaguje na fale o długości 3650 Å, wyprodukowano lampy rtęciowe w rurce kwarcowej, z bańką stanowiącą filtr ciemno-fioletowy, który w ciemności czyni światło tej lampy niewidzialnym (czarne światło) i tak wyprodukowane promienie pozafioletowe wyzyskuje się do oświetlenia rodzajowych scen i wytwarzania barwnych efektów, gdy dekoracje, stroje i postacie aktorów są pokryte materiałami fluorescencyjnymi. Zastosowanie tych lamp na scenach nowojorskich dało niezwykłe efekty.

Na zakończenie należy wspomnieć o żarówkach kombinowanych, które składają się z rurki o wyładowaniach w parze rtęci zaopatrzonej w elektrody oraz o druciku, umieszczonym w bańce otaczającej wymienioną rurkę. Uzyskane w ten sposób „dzienne światło“ posiada zalety prawidłowego rozróżnienia kolorów, a sprawnością przewyższa czterokrotnie zwykłe żarówki.

B. Aparaty

Równolegle ze zwiększaniem mocy żarówek (a szczególnej prądu przy obniżonym napięciu) wprowadzono nowoczesne układy optyczne. Odbłyski z polerowanego metalu, przesłony i wielosoczewkowe kondensory pozwalają kierować skoncentrowany strumień świetlny na odległości 40 m. Przesuwanie filtrów powodujących zmianę barw odbywa się przeważnie na drodze elektrycznej. Filtry szklane zastąpiono nietłukącymi się filtrami celofanowymi.

Obsługę reflektorów na wieżach i mostach poważnie zredukowano przez zastosowanie napędu silnikowego. Każdy reflektor jest zaopatrzony w trzy silniki napędowe: jeden dla kierunku pionowego, drugi w prawo i lewo, trzeci do ustawienia drucika żarówki w ogniskowej soczewki.

Przyjęto zasadę: unikać ustawiania reflektorów na stałe, natomiast stosować jak najwięcej reflektorów przenośnych dla umożliwienia elastycznej manipulacji. Opracowano nowy model lampy horyzontowej z dwoma owalnymi odbłyskami, które pozwalają oświetlać horyzont bardziej równomiernie i na większej przestrzeni.

W związku z wyższą temperaturą włókna w lampach niskonapięciowych i wydzielaniem wskutek tego dużej ilości ciepła zamieniono reflektory szklane na metalowe ze stopu żelazo-rod.

Aparat chmurowy zawierający dotychczas kilkanaście układów optycznych z jedną trzykilowatową lampą zamieniono na 10 pojedyńczych aparatów, z których każdy posiada 1000-watową żarówkę kinową projekcyjną i potrójny kondensor rzucający obraz chmur bezpośrednio na horyzont. Wszystkie 10 aparatów są wbudowane w jednym zespole, który przy pomocy napędu motorowego umożliwia przesuwanie i podnoszenie chmur. Dotychczasowy aparat gwiezdny, który dawał nie ostre, ciemne i za duże gwiazdy, został zamieniony na cztery aparaty projekcyjne z potrójnymi kondensorami i żarówką kinową projekcyjną na 15 V, 900 W. Przesłona - pozytyw jest wykonana z cieniutkiej folii metalowej. Nieduży stosunkowo zasięg aparatu i wielki strumień świetlny powodują wyświetlenie gwiazd o dużym podobieństwie do rzeczywistych.

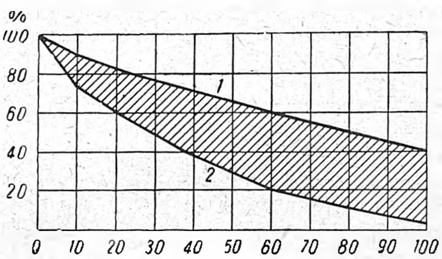
Aparaty są zawieszone na uchwytach kardanowych. Wszystkie aparaty zaopatrzone w żarówki niskonapięciowe posiadają transformatory do obniżania napięcia sieciowego wbudowane w zestaw.

C. Urządzenia

Podstawowym urządzeniem do zmiany strumienia świetlnego są regulatory natężenia prądu. Oporniki wyszły z użycia, a ich miejsce zajęły, w związku ze stosowaniem prądu zmiennego, regulatory autotransformatorowe. Uzwojenie pierwotne transformatora, którego poszczególne zwoje są wykonane z blachy o specjalnym kształcie, jest przyłączone do sieci. Przesuwne sanki ślizgające się po krawędzi blachy pierwotnego uzwojenia zbierają prąd o napięciu proporcjonalnym do podniesienia sanek, dla których przewidziano ślizgowy ruch pionowy dzięki rowkowanej prowadnicy. Moc dostarczona przez jeden ślizgacz jest rzędu 4 kW. Liczba tych sanek ślizgowych jest związana z liczbą obwodów regulowanych. Transformatory typu Bordoniego buduje się jako trzyfazowe. Przykładowo nadmienimy, że Teatr Wojska Polskiego w Warszawie posiada 150 obwodów, opera paryska 250 obwodów, duże teatry amerykańskie kilkakrotnie więcej.

Ten potencjometryczny system regulacji wykazuje duże zalety w stosunku do oporowego dzięki oszczędności mocy traconej w oporniku, jak wskazują wykresy na rys. 5.

Na osi rzędnych podano procentowe zużycie mocy, na osi odciętych liczbę stopni opornika lub sanek ślizgowych



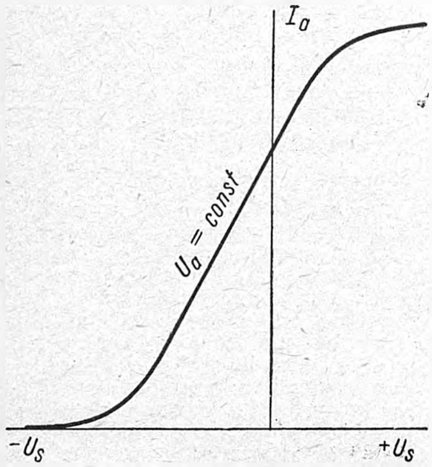
Rys. 5. Porównanie dwu systemów regulacji prądu
1 system oporowy
2 system potencjometryczny

autotransformatora. Linia *1* wskazuje zużycie energii elektrycznej przy regulacji oporowej, linia *2* przy regulacji potencjometrycznej, pole zakreskowane oszczędność mocy przy poszczególnych ustawieniach regulatora. Przy całkowitym zaciemnieniu traci się 40% całkowitej mocy w opornikach, a zaledwie 2—5% przy biegu jałowym transformatora. Przy półświetle straty mocy regulowanej są trzykrotnie mniejsze na korzyść regulacji potencjometrycznej. Oczywiście, przy pełnym świetle nie ma żadnych różnic w obu systemach. Ponieważ jednak oświetlenie sceny z reguły odbywa się przy zmniejszonym strumieniu świetlnym, a dostarczona moc jest rzędu setek lub tysięcy kilowatów, przeto korzyści stosowania regulacji potencjometrycznej są bezsporne.

Na innej koncepcji jest oparty regulator elektronowy przy użyciu lamp trójelektrodowych prostowniczych z siatką sterowniczą. Lampy te są wykonywane na prąd 5 i 10 A. Organem regulującym natężenie prądu przepływającego od anody do katody jest siatka, której potencjał ujemny zależnie od wartości reguluje prąd anodowy od 0 do maksymalnej wartości odpowiadającej prądowi nasycenia lampy, jak to przedstawia charakterystyka $I_a = f(U_s)$ na rys. 6. Moc tracona na obwodzie regulacyjnym jest rzędu kilku watów. Przepływ prądu przez triodę powoduje spadek napięcia około 15 V niezależnie od natężenia prądu anodowego (lampy są gazowane i posiadają zmienną oporność wewnętrzną), wskutek czego doprowadzone napięcie sieciowe jest o tę wartość zwięk-

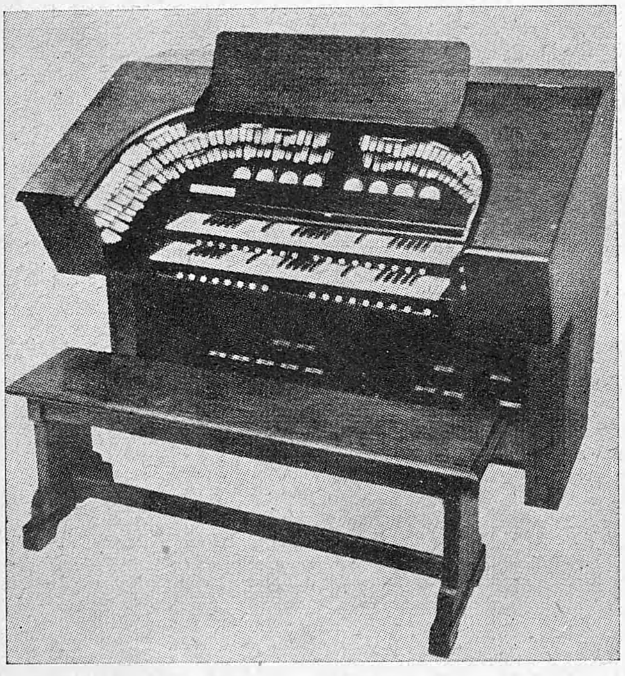
szone przy pomocy dodatkowego transformatora. Ponadto regulator elektronowy jest zaopatrzony w przekaźnik wyłączający lampy przy pełnym świetle oraz dławik, eliminujący wahania napięcia sieci wywołane pracą lampy.

Dzięki nieznacznej wartości prądu siatki (rzędu kilku miliamperów) manipulacja urządzeniami regulacyjnymi



Rys. 6. Przebieg prądu (I_a) w tyratronie w zależności od napięcia siatki (U_s)

elektronowymi może odbywać się z dowolnego miejsca sceny lub widowni. Organy regulacyjne posiadają małe wymiary, wobec czego mogą być umieszczone w przenośnym stole manipulacyjnym, który ustawia się w najdogodniejszym miejscu teatru, dającym możność doskonałej obserwacji np. w niszy orkiestrowej lub budce suflera. Rys. 7 przedstawia stół manipulacyjny tureckiej opery państwowej w Ankarze. Umieszczony na widowni pozwala operatorowi wygodnie obserwować scenę. Stół manipulacyjny może być również zastosowany do regulacji prądu, napędzającego silniki sterownicze urządzeń



Rys. 7. Stół manipulacyjny (opera w Ankarze)

oświetleniowych w wypadku, gdy moc zużyta na oświetlenie sceny przewyższa możliwości bezpośredniej regulacji natężenia prądu wprost zasilającego lampy. Dodatkową zaletą regulatora elektronowego jest możność otrzymania prądu zmiennego dzięki naprzemianległemu połączeniu lamp tyratronowych. Dzięki temu można zastosować w dalszym ciągu transformatory obniżające do zasilania niskonapięciowych lamp projekcyjnych.

4. Typy teatrów.

W zasadzie oświetlenie każdego teatru jest indywidualne ze względu na odmienną architekturę i rodzaj przedstawień. Dla orientacji czytelnika opiszemy dwa teatry.

A. Teatr Wojska Polskiego (b. Teatr Narodowy) w Warszawie

Rampa dolna o długości 14 m pozwala na umieszczenie 7 zespołów rampowych o długości 2 metry. Na metr bieżący przypada 6 żarówek o mocy 100 W. Pobór mocy przez rampę dolną wyniesie 6.14.0,1 = 8,4 kW.

Rampy górne przy głębokości sceny 10 m są rozmieszczone co 2 m, wobec czego dla 6 ramp pobór mocy przy żarówkach 100-watowych wyniesie 6.14.0,1.6 = = 50,4 kW.

Wieże boczne będą posiadały po 10 reflektorów scenicznych. Przy zastosowaniu żarówek 1000-watowych zużycie mocy wyniesie 2.10.1 = 20 kW.

Horyzont będzie oświetlony przez 40 lamp z mostu głównego i ewentualnie przez 20 lamp z mostu pomocniczego, co przy zainstalowaniu 1000-watowych żarówek sofitowych spowoduje zużycie mocy 60.1 = 60 kW.

Podświetlacze w ilości przynajmniej 12 sztuk przy żarówkach sofitowych na 1000 W obciążą dodatkowo mocą 12.1 = 12 kW.

Lampy górne w ilości przynajmniej 8 szt. pobiorą moc przy żarówkach 1000-watowych 8.1 = 8 kW.

Reflektory przedsceniczne i przenośne będą rozmieszczone w pomieszczeniach kabiny elektryka i będą kierowały strumień świetlny poprzez specjalnie przewidziane szczeliny z obu stron sceny. Będą to przeważnie reflektory soczewkowe, punktowe z żarówką niskonapięciową na 30 V o mocy 900 W. Ponadto przewidziane są reflektory tego samego typu rozmieszczone w dowolnych punktach sceny, względnie konstrukcji portalowych. Przewiduje się, że jednocześnie może być czynnych około 20 reflektorów, które będą pobierały moc 20·0,9 = 18 kW.

Efekty specjalne będą zastosowane w miarę możności nabycia ich. Do nich należą: aparat projekcyjny (3 kW), aparat chmurowy (5 kW), aparat tęczowy (3 kW) i błyskawica (1 kW); razem pobór mocy wyniesie 12 kW.

Światła robocze będą zainstalowane na suficie, ścianach sceny i pomieszczeń roboczych przyscenicznych. Złożą się na nie żarówki w oprawach odbłyskowych o mocy 200—300 W i pojedyńcze punkty świetlne o mocy 40 W. Łącznie pobór mocy wyniesie 4.0,3 + 4.0,2 + 30. 0,04 = 3,2 kW.

Ogólne zapotrzebowanie mocy elektrycznej do oświetlenia sceny:

Rampa dolna	8,4 kW
Rampy górne	50,4 „
Wieże	20,0 „
Horyzont	60,0 „
Podświetlacze	12,0 „
Lampy górne	8,0 „
Reflektory	18,0 „
Efekty	12,0 „
Światło robocze	3,2 „
Razem	192 kW

Jest to przeciętna moc zużywana w teatrze europejskim średniej wielkości przy liczbie widzów nie przekraczającej 1000 osób i przeznaczona wyłącznie do oświetlenia sceny. Spółczynnik jednoczesności nie przekracza 70%. Pobór mocy odbywa się prawie zawsze na regulatorach natężenia prądu, a przy regulacji autotransformatorowej i elektronowej wynosi średnio 50% mocy całkowitej.

B. Radio City Music Hall w Nowym Jorku

W Nowym Jorku istnieje 200 teatrów. Sposób ich oświetlenia jest zależny od przeznaczenia sceny, pory dnia, potrzeb i upodobań reżysera, który jest odpowiedzialny za oświetlenie. Opisywany tutaj reprezentacyjny teatr może pomieścić 6200 widzów. Odpowiednio duże wymiary sceny i widowni oraz nieliczenie się kierownictwa z kosztami energii elektrycznej powodują nadmierne, jak na stosunki europejskie, zainstalowanie źródeł światła.

Rampa dolna o długości 24 m posiada podwójny rząd reflektorów o średnicy 110 mm z żarówkami o mocy 100 W dla kolorów: białego, czerwonego i zielonego oraz

150 W dla niebieskiego. Pobór mocy dla rampy dolnej wynosi 2.6.24.0,1.¾ + 2.6.24.0,15.¼ = 43,2 kW.

Rampy górne o długości 30 m są rozmieszczone co 2,10 m i posiadają reflektory szklane z odbłyskiem o średnicy 30 cm z żarówką na 500 W. Przy głębokości sceny 20 m jest zawieszonych 8 ramp, które łącznie zużyją, licząc po trzy reflektory na metr bieżący, 3.30.500.8 = = 360 kW.

Wieże z reflektorami scenicznymi umieszczone po obu stronach sceny są trzypiętrowe i zaopatrzone na stałe w trzy reflektory punktowe z żarówkami o mocy 2000 W i jeden reflektor łukowy na prąd stały 100 A, wobec czego moc stale zainstalowana na jednej wieży wynosi 3 · 2 + 3 = 9 kW.

Ponadto zależnie od potrzeby instaluje się dodatkowo reflektory portalowe, które orientacyjnie podwajają tę moc; dla obu wież pobór mocy wyniesie w przybliżeniu 2 · 2 · 9 = 36 kW.

Oprócz tego z obu stron sceny na wysokości 15 m zawiesza się po trzy reflektory szerokokątne, zaopatrzone w żarówki na 2000 W, co ostatecznie zwiększa moc do 48 kW.

Horyzont o wymiarach 30 m × 23 m jest najbardziej intensywnie oświetlony przy pomocy prostokątnych lamp horyzontowych z żarówkami o mocy 500 W dla koloru bursztynowego, czerwonego i zielonego, o mocy 750 W dla światła dziennego i 1000 W dla niebieskiego z filtrami szklanymi; ogółem 500 lamp horyzontowych pobiera 300 · 0,5 + 100 · 0,75 + 100 · 1 = 325 kW.

Most z reflektorami górnymi posiada 14 reflektorów szerokokątnych zaopatrzonych w żarówki na 2000 W oraz 6 reflektorów punktowych tej samej mocy, ogółem 20 reflektorów. Niezależnie od tego z każdej strony mostu podwiesza się na samym moście i na suficie po 5 reflektorów zaopatrzonych w żarówki na 5000 W. Pobór mocy wyniesie 20 · 2 + 10 · 5 = 90 kW.

Reflektory przedsceniczne oświetlają proscenium z dwu rzędów aparatów rozmieszczonych po 8 sztuk z obu stron sceny i zaopatrzonych w żarówki na 2000 W, wobec czego zużyta moc wyniesie 2 · 8 · 2 = 32 kW.

Na widowni zainstalowano 24 reflektory punktowe, czterokolorowe z żarówkami na 2000 W, a w suficie 6 lamp łukowych na prąd stały 150 A, co zwiększa moc o dodatkową wartość 24 · 2 + 6 · 4,5 = 75 kW; moc zainstalowana na widowni do oświetlenia sceny wyniesie więc 107 kW.

Efekty świetlne stanowią poważną pozycję w ogólnym bilansie energii elektrycznej. Wystarczy wymienić trzy aparaty chmurowe dwudziesto-soczewkowe (wyrobu niemieckiego) zużywające 15 kW, trzy aparaty projekcyjne zużywające 9 kW, aparat gwiezdny, tęczowy, błyskawicę, co łącznie daje pobór mocy ok. 35 kW.

Wymienione wyżej urządzenia zainstalowane na stałe, a więc nie licząc świateł roboczych i urządzeń ruchomych, w ogólnym zapotrzebowaniu mocy wyrażą się liczbą:

Rampa dolna	43 kW
Rampy górne	360 „
Wieże boczne	48 „
Horyzont	325 „
Most	90 „
Reflektory przedsceniczne	107 „
Efekty świetlne	35 „
Razem	1008 kW

Jest to zaledwie część mocy przeznaczonej do oświetlenia sceny. Nowoczesny system wywoływania efektów świetlnych polega na zastosowaniu możliwie dużej liczby punktów świetlnych przenośnych, instalowanych specjalnie dla każdego rodzaju przedstawienia. Duże teatry amerykańskie oprócz opisanego systemu stałych świateł przewidują dodatkowo oświetlenie pojedyńczego aktora, grającego poważniejszą rolę, przy pomocy trzech reflektorów punktowych i jednego szerokokątnego o mocy 2 kW oraz lampy łukowej na prąd stały 150 A. W związku z powyższym moc zainstalowana w opisanym tutaj teatrze nowojorskim przeznaczona do oświetlenia sceny wynosi 3500 kW.

Należy dodać, że cała ta instalacja jest sterowana przy pomocy 314 obwodów ze stołu manipulacyjnego przy zastosowaniu lamp tyratronowych. Stół manipulacyjny mieści się w pomieszczeniu orkiestry, co daje możność operatorowi wygodnej obserwacji sceny.

5. Oświetlenie widowni.

Zastosowanie światła bezpośredniego lub odbitego, natężenie światła, rodzaj i rozmieszczenie punktów świetlnych — to szereg problemów, z których musi sobie zdawać sprawę elektryk projektujący oświetlenie teatralne. Światło wyzwala możliwości wywołania efektów związanych z architekturą, dekoracją i widzem. Wnętrze architektoniczne nasuwa konieczność zachowania ciągłości linii świetlnych, które podkreślają jego szlachetną prostotę. Należy się jednak liczyć z faktem, że oprócz martwego tła dekoracyjnego, ożywionego liniami, smugami lub punktami świetlnymi, mamy w teatrze do czynienia z tłem żywym, którym jest tłum widzów.

Publiczność teatralna wymaga odpowiedniej oprawy, któraby uwypukliła stroje, uczesanie, biżuterię i twarze. Gdyby zastosowano wyłącznie światło pośrednie, odbite od ścian, sufitu i wnęk, otrzymalibyśmy obraz monotonny, mało wyrazisty i na pół martwy. Nastrój widowni byłby senny. Efekt ożywienia otrzymuje się przy świetle bezpośrednim. Przy tym należy brać pod uwagę, że światło bezpośrednie powoduje powstawanie cieni, a więc ciemnych zaułków, przypominających źle oświetloną ulicę. Aby tego uniknąć, zachodzi konieczność zastosowania światła pośredniego, odbitego.

Na tej podstawie ustala się pierwszą tezę: widownia jest oświetlona światłem mieszanym — bezpośrednim i odbitym.

Przeprowadzając paralelę między odpowiednikami sal widowiskowych, należy zwrócić uwagę na ważny szczegół stanu rzeczy w teatrze, a mianowicie na antrakty, których czas trwania nawet przy ruchomej scenie jest stosunkowo długi dla widza, choć jest związany z gorączkową pracą zespołu aktorskiego i technicznego.

Długie antrakty wywołują senny nastrój na widowni, w związku z wyczerpaniem umysłowym widza śledzącego akcję, zmęczeniem fizycznym po całodziennej pracy, emocją przebywania w teatrze itp. Niezależnie od tego oko widza przystosowuje się do wrażeń świetlnych pochodzących ze sceny, która w większości wypadków posiada dużą jasność rzędu paruset luksów, wobec czego nie wolno tworzyć gwałtownych różnic między jasnością widowni a tą, do której już przywykł wzrok widza.

Powyższe względy ustalają drugą tezę: widownia powinna mieć jasność około 70 luksów.

Charakter oświetlenia widowni powinien być dostosowany do wnętrza architektonicznego. Nie wolno stwarzać pretensjonalnego motywu świetlnego, który wkrótce znuży widza, a dla stałego bywalca teatru stanie się denerwującym. Dlatego wydaje się rzeczą słuszną, podobnie jak zastosowanie mieszanego światła odbitego i bezpośredniego, wprowadzenie dwu znanych motywów — punktów i linii świetlnych. Spokojna i małofantastyczna dekoracja świetlna przetrwa lata i nie będzie podlegała kapryśnej modzie. To powoduje trzecią tezę: na widowni teatru należy stosować światła skupione oraz linie świetlne ciągłe.

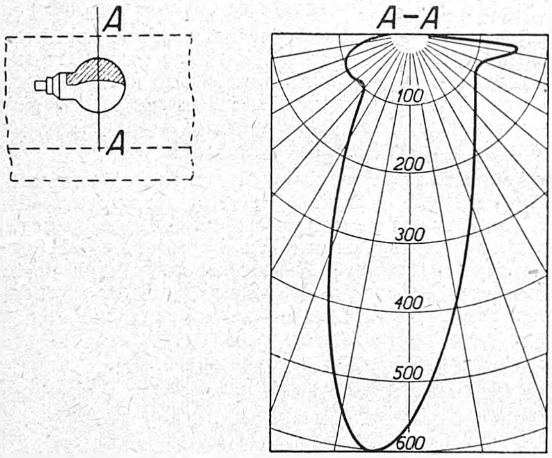
Dla przeciętnego widza przebywanie w teatrze jest wydarzeniem niecodziennym. Dlatego teatry są budowane nie przez przeciętnych architektów-budowniczych, lecz przez architektów artystów, którzy tak dobierają materiały architektoniczne i nadają takie kształty i kolory, aby stworzyć niecodzienny nastrój. Uwypuklenie tego piękna i podkreślenie oraz ożywienie momentów dekoracyjnych daje się uzyskać dzięki odpowiedniemu oświetleniu. Należy zwracać uwagę na to, aby wnętrze nie było sztywne ani chłodne. Uzyskać to można przez zastosowanie odpowiedniej barwy światła, które stwarza jasność bez zbytniej jaskrawości. Stąd wypływa czwarta z kolei teza: lampa elektryczna dająca bezpośrednie światło jest matowana (mleczna) lub umieszczona za opalową przesłoną. Nie zaleca się jednak stosowania na widowni światła barwnego, scenicznego.

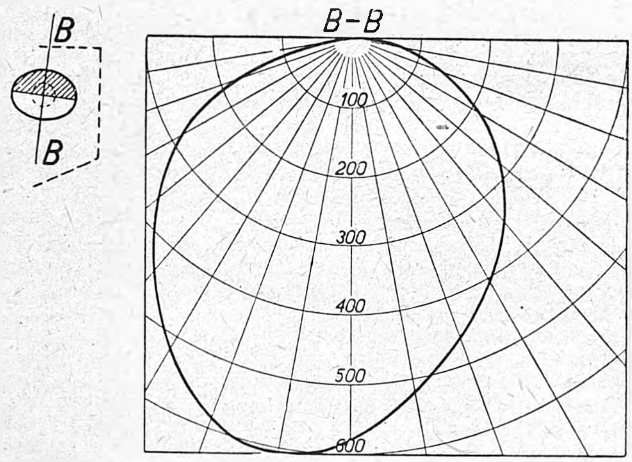
Pozostaje wreszcie do omówienia sprawa użycia światła nowoczesnego tzw. światła zimnego (ze względu na niską temperaturę palącej się lampy), a w związku z tym oszczędne zużycie prądu i duża sprawność w zamianie energii elektrycznej na świetlną przy małym wydzielaniu ciepła. Mowa tu jest o lampach fluoryzujących, które

w swym zwycięskim rozwoju w ostatnich latach wypierają dotychczasową żarówkę.

Zalety lamp fluoryzujących ograniczają się co prawda do dwu punktów, a mianowicie: możliwości uzyskania światła o dowolnym zabarwieniu oraz wielkiej sprawności w stosunku do dotychczasowych żarówek, ale są to zalety o wielkim znaczeniu. Dzięki odpowiedniemu doborowi chemicznemu masy fluoryzującej kolor światła może być biały, słoneczny, dzienny itp., co stwarza warunki zbliżone do przebywania w pomieszczeniu o naturalnym





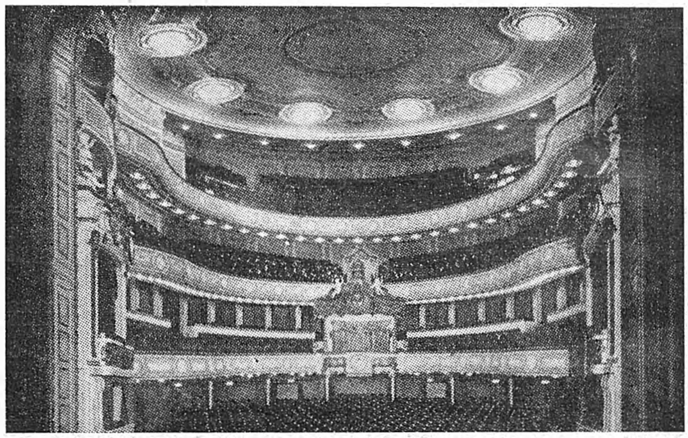


Rys. 8. Żarówka „Cornalux" i jej rozsył światła w dwu wzajemnie prostopadłych płaszczyznach (Philips)

oświetleniu dziennym. Duża sprawność dająca czterokrotne zmniejszenie energii elektrycznej w stosunku do zwykłej żarówki tej samej mocy oraz parokrotnie większa trwałość stawia lampę fluoryzującą na pierwszym miejscu z punktu widzenia ekonomicznej eksploatacji.

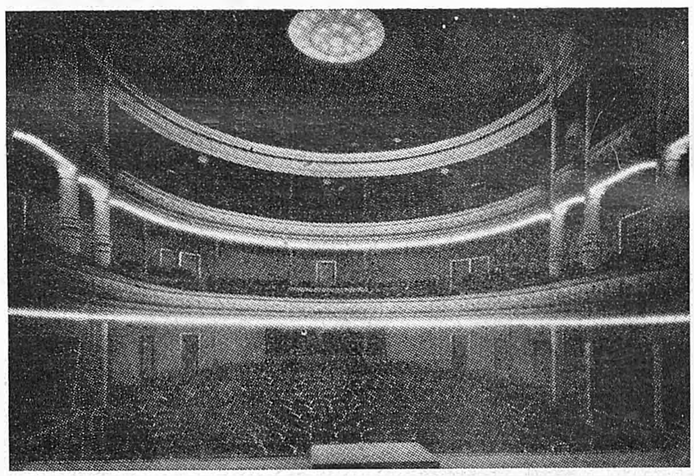
W zastosowaniu do oświetlenia teatralnego lampy te mają tę wadę, że przy pomocy dotychczas znanych urządzeń technicznych nie można w sposób prosty zmieniać ich strumienia świetlnego, a więc że można je tylko zapalać i gasić bez wywoływania ciągłych efektów świetlnych.

Z tych względów lampy fluoryzujące nie mogą być użyte ani na scenie ani na widowni, natomiast z wielką



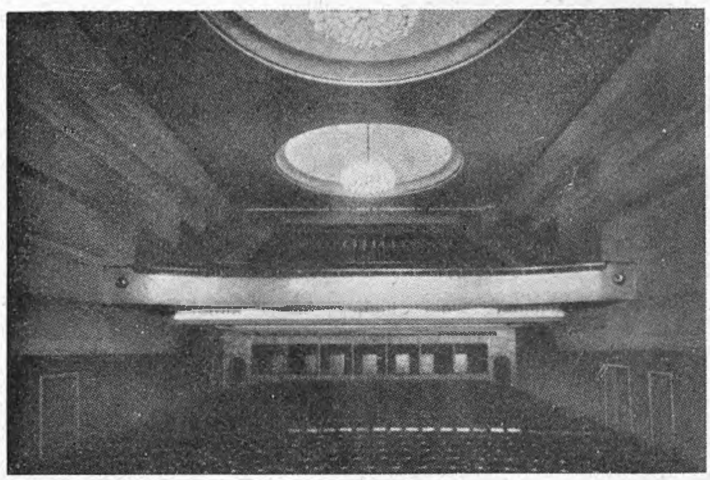
Rys. 9. Oświetlenie widowni w państwowym teatrze w Kassel

korzyścią dadzą się zastosować w pozostałych pomieszczeniach teatralnych.



Rys. 10. Oświetlenie widowni w teatrze miejskim w Altonie

Wobec powyższego piąta teza będzie brzmiała: *stosować we wszystkich pomieszczeniach teatralnych, o ile pozwalają na to warun-*



Rys. 11. Oświetlenie widowni w teatrze mogunckim

ki techniczne, nowoczesne lampy fluoryzujące z wyjątkiem sceny i widowni.

6. Przykłady oświetlenia widowni.

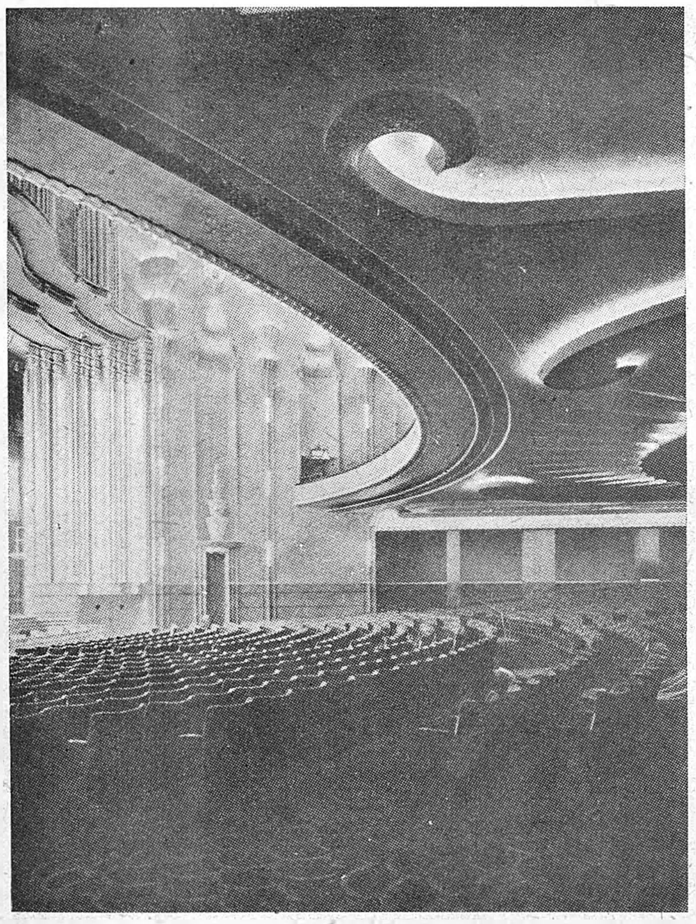
Opierając się na przesłankach podanych w poprzednim rozdziale można przystąpić do projektowania oświetlenia widowni w sposób następujący.

Ś w i a t ł o b e z p o ś r e d n i e. Ze względu na owalny przekrój widowni przyjmuje się centralne źródło świa-



Rys. 12. Oświetlenie widowni w teatrze zuryskim Apollo

tła w postaci świecznika, którego wygląd jest dostosowany do wnętrza architektonicznego. Świecznik jest zaopatrzony w żarówki kuliste mleczne o mocy 200—1000 W. Całkowita moc żarówek jest związana z pojemnością widowni i dla teatrów do 1000 osób jest rzędu 10—20 kW,



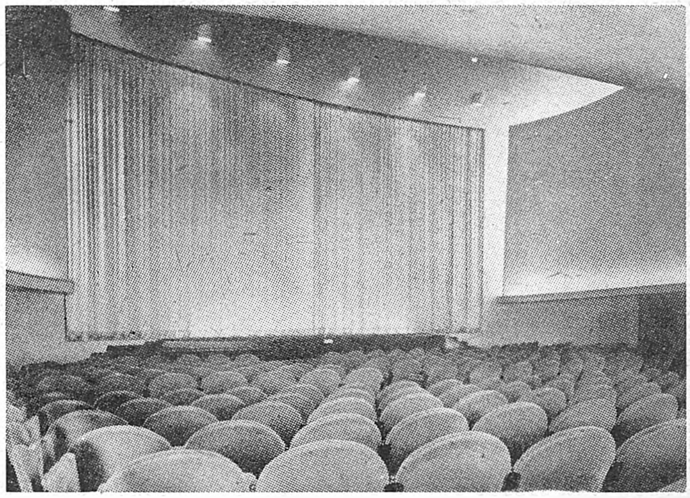
Rys. 13. Oświetlenie widowni w teatrze londyńskim Victoria

choć nowojorska Metropolitan Opera House posiada świecznik owalny o mocy 82 kW.

Jeżeli względy architektoniczne nie zezwalają na zawieszenie świecznika, rozwiązaniem mogą być aplikacje ścienne na wszystkich piętrach i parterze, złożone z pojedyńczych punktów lub grup świetlnych ukrytych za dekoracyjną przesłoną z ozdobnego szkła i tworzących ornamentacje dostosowane do wyglądu widowni.

Trzecim z kolei źródłem światła bezpośredniego są linie złożone z rur świetlnych np. systemu Philipsa. Dzięki trzem długościom rur (300, 500 i 1000 mm) oraz ćwiartkowym i ósemkowym łukom można tworzyć dowolne linie świetlne. Jest to sposób uzyskania dość taniego efektu, który może znaleźć zastosowanie jedynie w teatrach o lekkim programie artystycznym.

Ś w i a t ł o p o ś r e d n i e jest światłem odbitym od wnętrza architektonicznego i pochodzącym od punktów świetlnych ukrytych przed bezpośrednią obserwacją. Punkty świetlne umieszcza się we wnękach i rynnach konstrukcyjnie związanych z pomieszczeniem. Zasadniczą zaletą oświetlenia pośredniego jest równomierność światłości i brak jaskrawości będącej przyczyną zmęczenia oka ludzkiego. Jednocześnie należy wziąć pod uwagę, że światło odbite wymaga zwiększenia mocy ze względu na pochłanianie strumienia przez powierzchnie odbijające. Dzięki zastosowaniu lamp o specjalnej konstrukcji dostosowanej do oświetlenia pośredniego, uzyskuje się świa-



Rys. 14. Oświetlenie widowni w teatrze Gooiland w Hilversum (Holandia)

tło ekonomiczne w eksploatacji, jak np. przy zastosowaniu żarówki „Cornalux" Philipsa. Rys. 8 przedstawia fotografię tej lampy, której połowa bańki jest wewnątrz posrebrzona, dzięki czemu odbija strumień świetlny w żądanym kierunku. Krzywe rozsyłu strumienia świetlnego wyraźnie charakteryzują korzyści tej żarówki specjalnie nadającej się do oświetlenia widowni teatru przy pomocy światła odbitego. Należy zwrócić uwagę na równomierność strumienia na stosunkowo dużej płaszczyźnie. Korzystne jest pod względem instalacyjnym zastosowanie trzonka swanowskiego.

Godnym polecenia i efektownym oświetleniem pośrednim jest stosowanie podwójnego sufitu, dzięki któremu otrzymuje się ornamentykę świetlną, powodującą pozorne zwiększenie wymiarów widowni w pożądanym kierunku. Oto szereg ilustracji wykazujących chronologiczny rozwój oświetlenia widowni teatralnych:

W teatrze kasselskim (rys 9) klasyczne staroświeckie oświetlenie widowni osiągnięto wyłącznie przy pomocy światła bezpośredniego ze skupionych źródeł, które same przez się stanowią motyw dekoracyjny.

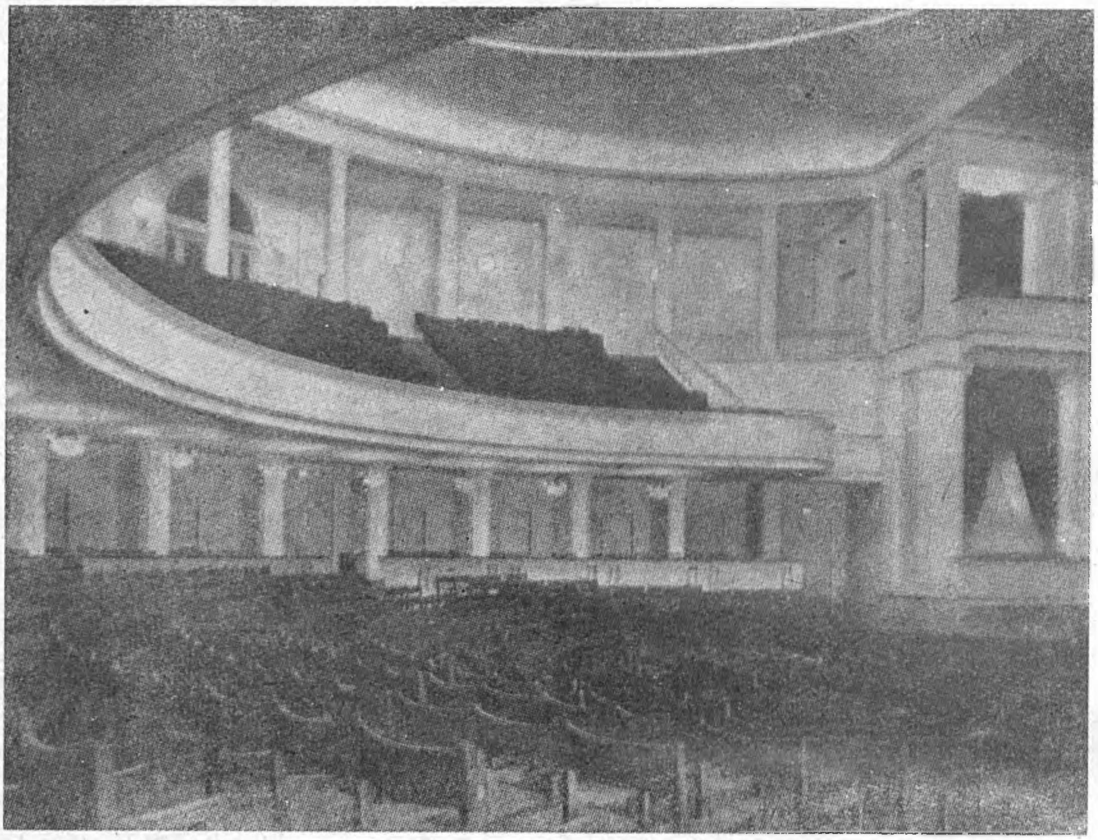
W teatrze altońskim (rys. 10) widzimy oświetlenie widowni przy pomocy światła bezpośredniego, skupionego w centralnym świeczniku, oraz ciągłych linii świetlnych dekoracyjnych. Połączenie celowe, lecz monotonne i stanowi styl przejściowy do światła pośredniego.

Teatr w Moguncji (rys. 11) zastosował połączenie światła bezpośredniego z odbitym — jedno z najwłaściwszych rozwiązań.

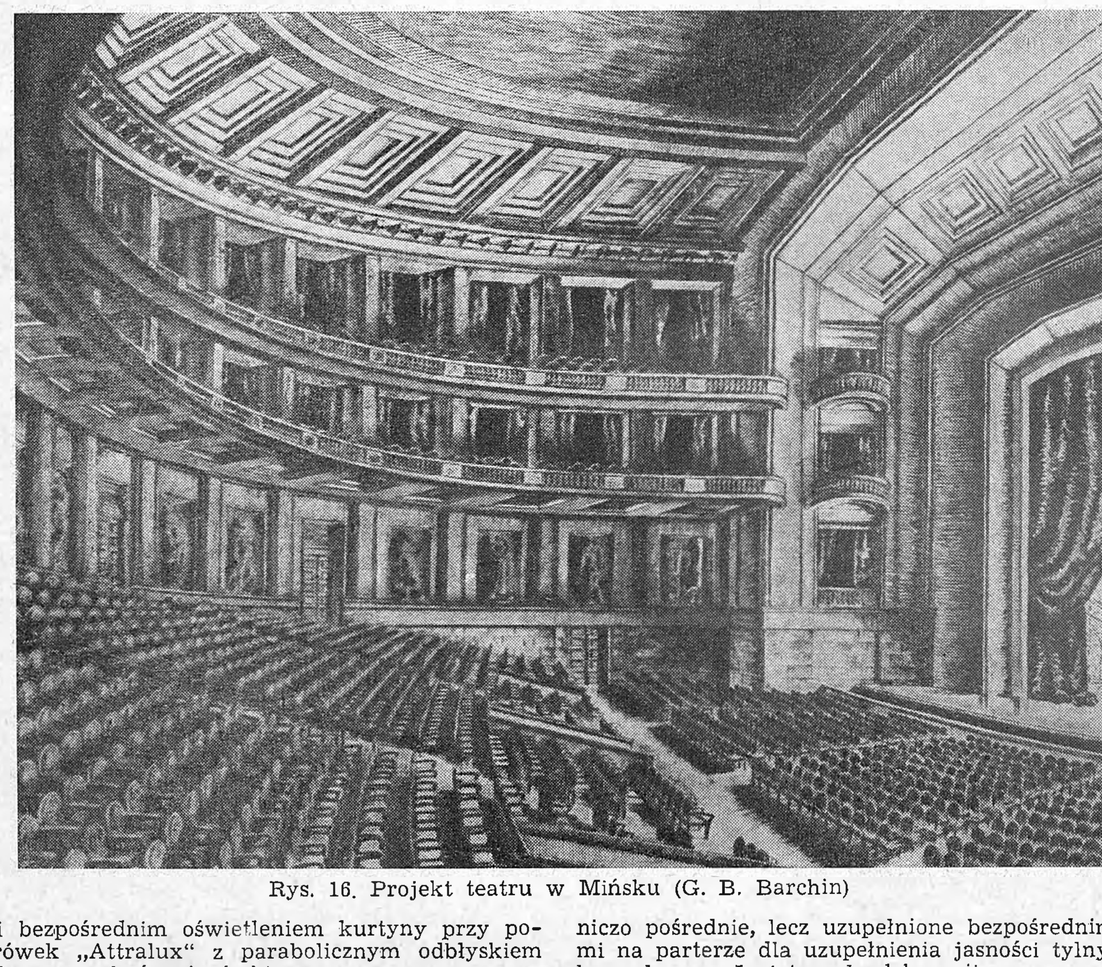
Teatr Apollo w Zurychu (rys. 12) ma całkowicie pośrednie oświetlenie. Brak dekoracyjnego momentu światła bezpośredniego.

Teatr Victoria w Londynie (rys. 13) ma luksusowe oświetlenie przy pomocy światła odbitego i bezpośredniego.

W teatrze Gooiland (rys. 14) w Hilversum (Holandia) nowoczesna architektura jest podkreślona światłem po-



Rys. 15. Teatr im. Stanisławskiego w Moskwie (G. B. Barchin)



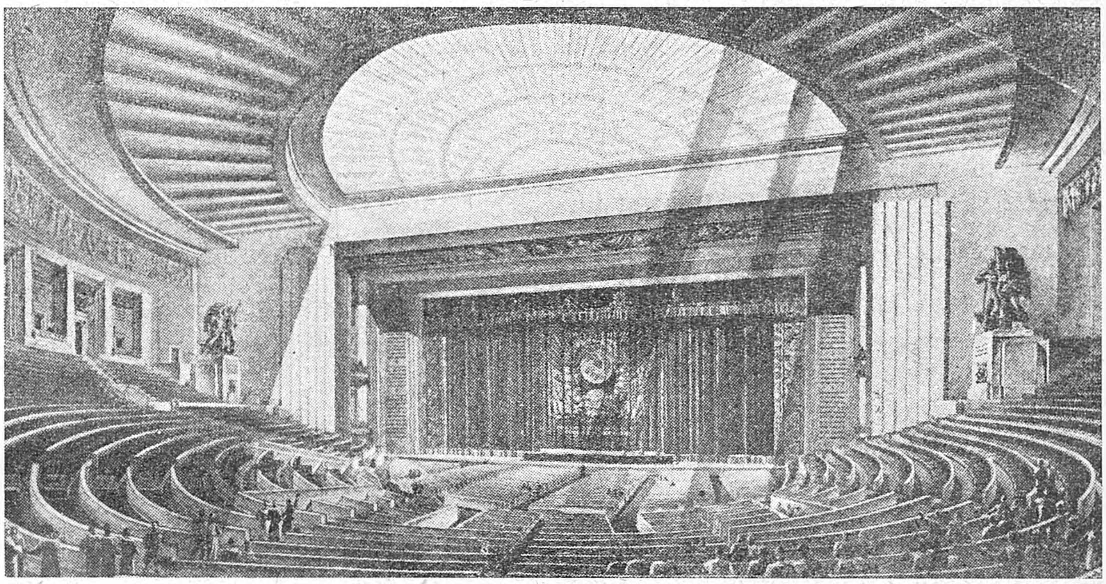
Rys. 16. Projekt teatru w Mińsku (G. B. Barchin)

średnim i bezpośrednim oświetleniem kurtyny przy pomocy żarówek „Attralux" z parabolicznym odbłyskiem zwierciadlanym w bańce żarówki.

Teatr im. Stanisławskiego w Moskwie — widownia (rys. 15). Charakterystyczne światło mieszane — zasadniczo pośrednie, lecz uzupełnione bezpośrednimi punktami na parterze dla uzupełnienia jasności tylnych rzędów krzeseł, a na I piętrze do dekoracji.

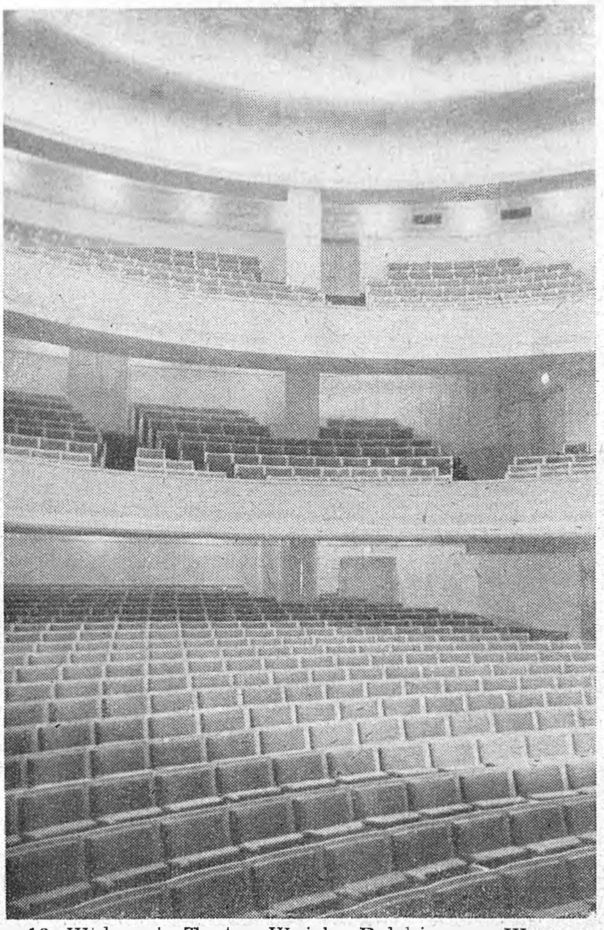
Projekt teatru w Mińsku (rys. 16). Ukryte punkty świetlne.

Projekt Pałacu Radzieckiego (rys. 17). Mała widownia. Rzuca się w oczy bogactwo oświetlenia bezpośredniego za pomocą punktów świetlnych ukrytych.



Rys. 17. Projekt Pałacu Radzieckiego w Moskwie (G. B. Barchin)

Teatr Wojska Polskiego w Warszawie — odbudowany b. Teatr Narodowy (rys. 18). Oświetlenie mieszane: światło rozproszone z wnęk na plafonie i bezpośrednie w postaci punktów na parterze i galeriach.



Rys. 18. Widownia Teatru Wojska Polskiego w Warszawie (WAF)

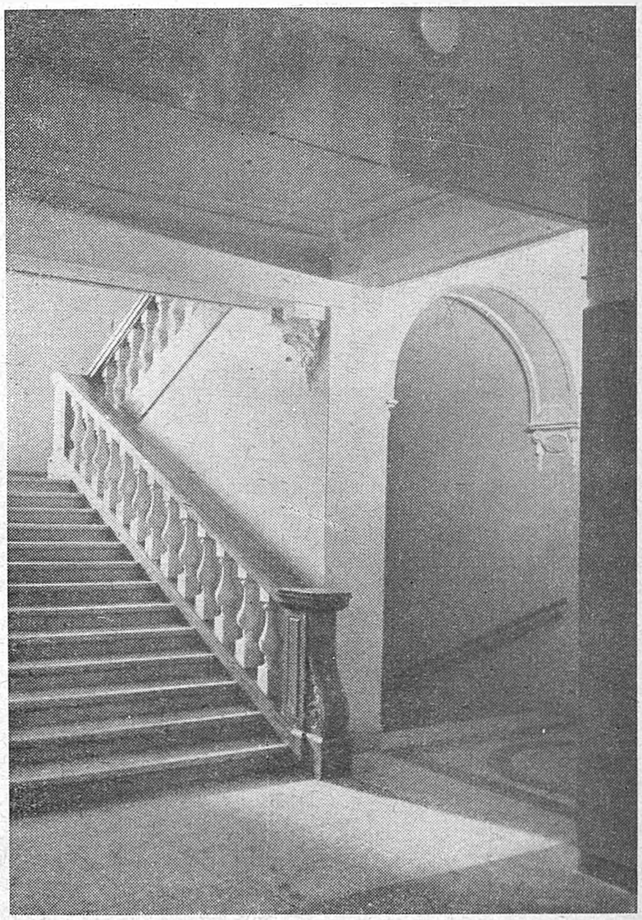
Fragment wejścia do Teatru Wojska Polskiego w Warszawie (rys. 19). Oświetlenie przy pomocy światła pośredniego.

7. Obliczanie oświetlenia.

Dla uzyskania odpowiedniej jasności w widowni należy wytworzyć strumień świetlny użyteczny

$$\Phi_u = E \cdot F$$

gdzie E jest jasnością wymaganą na wysokości 1 m nad poziomem pomieszczenia, a F powierzchnią, którą należy oświetlić. Użyteczny strumień świetlny będzie mniejszy od całkowitego wytworzonego przez punkty świetlne strumienia — w związku z pochłanianiem go przez sufit i ściany i będzie zależny od rodzaju światła bezpośredniego czy odbitego oraz od rodzaju samych punktów świetlnych. Wymienione zależności określają pewną spraw-



Rys. 19. Fragment wejścia do Teatru Wojska Polskiego w Warszawie (WAF)

ność η zawsze mniejszą od 1, określającą całkowity strumień świetlny według wzoru

$$\Phi = \frac{E \cdot F}{\eta}$$

Obliczenie sprawności η jest żmudne i dlatego korzystamy z doświadczenia elektryków, którzy na podstawie wielu prób doszli drogą empiryczną do tablic dogodnych w użyciu i określających sprawność η w funkcji szeregu czynników, wywierających wpływ na jej wielkość. Niżej jest podana taka tablica dla charakterystycznych rodzajów oświetlenia widowni w opracowaniu L. Kalffa w wydanym przez Bibliotekę Techniczną Philipsa dziele „Kunstlicht und Architektur".

Jako zasadę przyjęto, że każda powierzchnia absorbuje strumień świetlny i spółczynniki odbicia przyjęto w granicach od 70% do 30%. W praktyce mamy do czynienia z następującymi spółczynnikami odbicia:

Materiał (kolor)	Spółczynnik odbicia (%)
Farba olejna biała nowa	85
Sztukateria biała nowa	80
Farba olejna biała stara	75
Kolor słomkowo-żółty	65
Sztukateria biała stara	60
Kolor różowy, jasnozielony	50
Kolor jasnoniebieski	40
Kolor oliwkowo-zielony	30
Kolor czerwony	20
Kolor ciemnobrązowy	10
Kolor granatowy	5

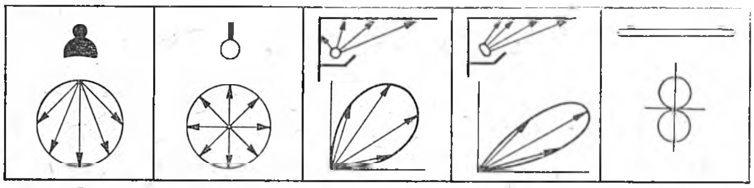
Po wyborze spółczynnika odbicia obliczamy spółczynnik

$$K = \frac{0{,}2\,L + 0{,}8\,B}{H},$$

gdzie L jest długością pomieszczenia, B szerokością, H zaś wysokością punktu zawieszenia źródła światła nad powierzchnią, na której przyjęto mierzyć jasność, tj. 1 m nad podłogą. Jeżeli wysokość geometryczna widowni wynosi 14 m, a środek centralnego kulistego świecznika przypada w odległości 3 m od sufitu, to wysokość $H = 14 - 3 - 1 = 10$ m.

W kolumnach oznaczonych rzymskimi cyframi na rys. 20 podano 5 rodzajów oświetlenia. Każdemu z nich odpowiada sprawność η odczytana w tablicy na rys. 20 na podstawie obliczonej wartości K. W przypadku ułamkowej wartości spółczynnika K wielkość η oblicza się drogą interpolacji.

SPRAWNOŚĆ η
(w procentach)



SPÓŁCZ. ODBIC. SUFIT	SPÓŁCZ. ODBIC. ŚCIANA	$K=\frac{0,2L+0,8B}{H}$	I	II	III	IV	V
70%	70%	1	26,5 %	23 %	13,9 %	16,4 %	25,5 %
		2	42,5 "	34 "	18,5 "	23 "	37,5 "
		3	51 "	39,5 "	22,5 "	26,5 "	45 "
		4	56,5 "	42,5 "	23,5 "	28,5 "	49,5 "
		5	59 "	45 "	24,4 "	29,8 "	51 "
70%	50%	1	21 %	17 %	11,7 %	12,7 %	22 %
		2	37,5 "	28 "	16,3 "	20,4 "	35 "
		3	47,5 "	34 "	20,4 "	25,1 "	42 "
		4	53,5 "	37,5 "	22,5 "	27,5 "	46,5 "
		5	57 "	40,5 "	23,2 "	29,2 "	48 "
50%	50%	1	20,5 %	15 %	6,8 %	8,2 %	17,5 %
		2	37 "	25 "	10,4 "	13,4 "	30 "
		3	47 "	31,5 "	12,2 "	15,9 "	38 "
		4	53,5 "	34,5 "	14 "	17,7 "	42,5 "
		5	57 "	36,5 "	15,2 "	19,3 "	44 "
50%	30%	1	17,5 %	11,5 %	5,5 %	6,8 %	15 %
		2	33,5 "	20,5 "	9,4 "	12,2 "	26 "
		3	44 "	26,5 "	11,7 "	15,2 "	33,5 "
		4	51 "	30,5 "	13,5 "	17,2 "	37,5 "
		5	55,5 "	33 "	14,9 "	19 "	39 "
30%	30%	1	17,5 %	10 %			11,5 %
		2	33,5 "	18,5 "	nie	nie	22 "
		3	44 "	23 "	należy	należy	29,5 "
		4	51 "	27,5 "	stosować	stosować	33 "
		5	55,5 "	29,5 "			34,5 "

Rys. 20. Tablica sprawności oświetlenia różnych rodzajów

I Bezpośrednie przy zastosowaniu reflektora kierującego całkowity strumień w dół
II Bezpośrednie przy pomocy kulistych źródeł światła dających strumień rozproszony
III Pośrednie przy pomocy zwykłych żarówek umieszczonych we wnęce
IV Pośrednie, lecz z zastosowaniem żarówek „Cornalux"
V Bezpośrednie przy użyciu rur świecących

W rezultacie uzyskuje się z wyżej podanego wzoru całkowity strumień świetlny, a stąd moc żarówek potrzebną do uzyskania założonej z góry jasności.

Do oświetlenia widowni światłem pośrednim dobrze nadają się żarówki „Cornalux", produkowane w trzech mocach 60, 75 i 100 W. Sposób instalowania tych żarówek oraz ich charakterystyczne wymiary, jednakowe dla wszystkich mocy, podaje rys. 21.

Odstęp między żarówkami „Cornalux", przy którym sufit jest równomiernie oświetlony, mieści się w granicach 1,5a — 2a, gdzie a jest wysokością od środka lampy do sufitu. Równomierność oświetlenia sięga wtedy na odległość 6a. Zamiana żarówek „Cornalux" na zwykłe powoduje, niezależnie od pogorszenia światłości o jakieś 35%, większą nierównomierność oświetlenia, a w wypadkach niesprzyjających, jak np. mała wysokość wnęki w stosunku do sufitu, może spowodować powstanie plam świetlnych. Aby tego uniknąć, należy zwykłe żarówki umieszczać w odstępach mniejszych niż lampy „Cornalux". Praktycznie przyjmuje się 4—5 żarówek na metr bieżący wnęki.

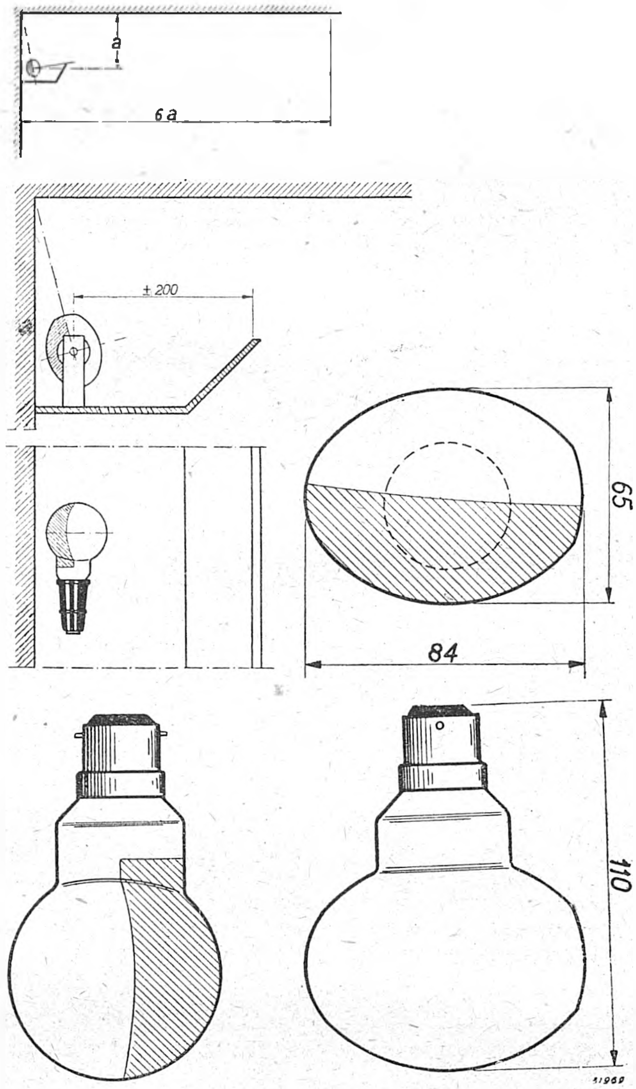
Oświetlenie pozostałych, poza sceną i widownią, pomieszczeń teatralnych powinno odpowiadać przeznaczeniu danego pomieszczenia i być dostosowane pod względem dekoracyjnym do całości budynku. To indywidualne podejście pozwoli nawiązać wygląd urządzeń oświetleniowych do centralnego pomieszczenia, którym jest widow-

nia, do epoki, którą reprezentuje budynek teatralny, do charakteru samego teatru, wreszcie do wymagań ekonomicznych i rozwoju techniki oświetleniowej w danym momencie. Dla przykładu podajemy na rys. 22 wnętrze hallu kasowego państwowej opery w Hamburgu.

8. Przepisy szczególne.

Instalacja elektryczna teatru dzieli się na trzy zasadnicze grupy:

A) instalację podstawową zasilaną z sieci elektrycznej obejmującą oświetlenie sceny, widowni, wszystkich po-



Rys. 21. Sposób instalowania żarówek „Cornalux"

mieszczeń należących do budynku teatralnego oraz samego budynku od zewnątrz;

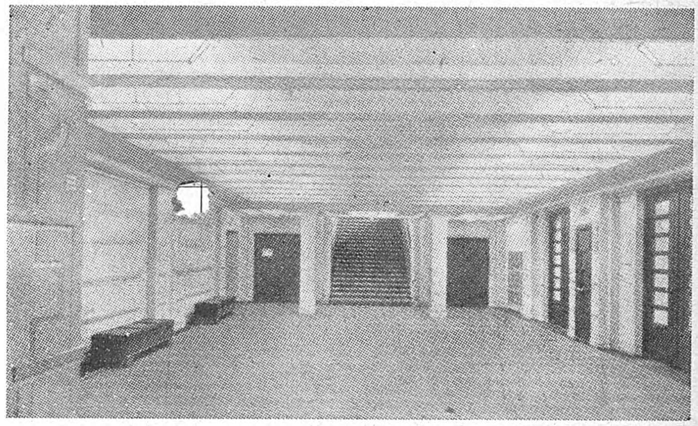
B) instalację do światła bezpieczeństwa czynnego stale w czasie przebywania publiczności w teatrze;

C) instalację do światła alarmowego czynnego w razie uszkodzenia instalacji podstawowej, wybuchu paniki w teatrze itp.

Przepisy milicyjne wymagają wszystkich trzech rodzajów instalacji tylko dla teatrów dużych, natomiast w teatrach małych tj. takich, w których liczba miejsc na jednej kondygnacji nie przekracza 250, zezwalają na ograniczenia się tylko do instalacji typu A i B, obowiązujących w każdym wypadku.

A. I n s t a l a c j a   p o d s t a w o w a. Energię elektryczną doprowadza się do teatru kablem wysokonapięciowym (w warunkach warszawskich 5 lub 15 kV) do stacji transformatorowej zainstalowanej w specjalnie do tego przeznaczonym pomieszczeniu na parterze budynku teatralnego z możnością dostępu od zewnątrz. Przy przeciętnej sumarycznej mocy w teatrach europejskich rzędu 1000 kVA zaleca się ustawienie dwu transformatorów gwarantujących ciągłość pracy nawet przy uszkodzeniu jednego z nich. W razie przerwy w dopływie prądu z elektrowni przewiduje się, niezależnie od baterii akumulatorów, zapasowe źródło prądu składające się z trójfazowej prądnicy sprzężonej z silnikiem dyzlowskim. Uruchomienie zespołu odbywa się przy pomocy przekaźnika działającego w razie zaniku napięcia w sieci. Przebieg od chwili zaniku napięcia do przejęcia obciążenia przez zespół trwa średnio 10 sek.

Instalacja na scenie przeważnie na napięcie 220 V (mimo korzystniejszych warunków świetlnych przy 120 V należy się dostosować do produkcji żarówek) posiada zabezpieczenia jedynie na urządzeniach stałych, a więc na tablicy rozdzielczej kabiny elektryka w formie bezpiecz-



Rys. 22. Wnętrze hallu kasowego państwowej opery w Hamburgu

ników obejmujących poszczególne zespoły świateł, a więc rampy, horyzont, górne światła — po jednym zabepieczeniu na lampy jednej barwy. Ustala się pobór mocy z jednego obwodu przy 220 V na 8,8 kW, a przy 120 V na 6,6 kW. Wszystkie obwody doprowadzone do tablicy rozdzielczej muszą mieć możność odłączenia na wszystkich biegunach przy pomocy wyłącznika o napędzie ręcznym w teatrach małych i automatycznym w dużych. Przeważnie w tej samej kabinie elektryka obok tablicy rozdzielczej znajduje się nastawnia. Wysokość zarówno tablicy rozdzielczej, jak i nastawni nie przekraczają wzrostu operatora.

B. I n s t a l a c j a   b e z p i e c z e ń s t w a. Światła bezpieczeństwa muszą palić się w czasie przebywania publiczności w teatrze, a na widowni również w czasie twania akcji. Wysokość zainstalowania punktów świetlnych nie może być mniejsza od 213 cm. Dotyczy to miejsc dostępnych dla publiczności. Przy wszystkich wyjściach z teatru, sal i schodów powinny być zamieszczone oświetlone znaki z napisem: wyjście. Wszystkie światła bezpieczeństwa mogą być zasilane z sieci pod warunkiem, że w razie zaniku napięcia na sieci są samoczynnie przełączane na zapasowe źródło prądu — baterię akumulatorów. Bateria akumulatorów musi być obliczona na podwójne obciążenie instalacji bezpieczeństwa na okres półgodzinny. Pojemność baterii liczy się na 5 godzin pełnego światła bezpieczeństwa.

Kolor lamp bezpieczeństwa — żółty, względnie biały z czerwonym paskiem. Gdy ilość świateł bezpieczeństwa w jednym pomieszczeniu jest większa od 6, należy je instalować na dwu lub więcej niezależnych obwodach. Sieć instalacji bezpieczeństwa posiada bezpieczniki na 6 A, prąd największy nie może przekraczać 4 A.

C. I n s t a l a c j a   a l a r m o w a. Jest przeznaczona do zapasowego oświetlenia i jest zasilana z oddzielnego, niezależnego źródła prądu. Ma to na celu zapewnienie ciągłości oświetlenia widowni na wypadek przerwy w dostawie prądu z sieci. Lampy tej instalacji powinny oświetlać drogę wyjścia z widowni i tablicę rozdzielczą. Zapalanie ich musi się odbywać automatycznie w razie zaniku napięcia w sieci. Niezależnie od tego na widowni i przy głównym wyjściu muszą być zainstalowane łączniki dla światła alarmowego odpowiednio zaznaczone w sposób wyraźny nawet dla przeciętnego widza, bez możności wyłączenia przez niego. Jako źródło prądu można wykorzystać baterię akumulatorów świateł bezpieczeństwa.

Źródło światła alarmowego oblicza się na jednogodzinny czas palenia wszystkich lamp alarmowych. Przyjmuje się na widowni 2 punkty świetlne, które dawałyby jasność umożliwiającą orientację tłumu widzów wobec otaczających przedmiotów. Podobnie umieszcza się punkty świetlne na drodze ewakuacji publiczności.

LITERATURA

Kalff L. — Kunstlicht und Architektur, 1943

Siemens — Elektrische Anlagen in Theatern

Harvey-White — Classical and Modern Physics, 1947

Jansen — Verlichtings Techniek, 1945

Comité d'études sur l'éclairage des scènes de théâtre, Rapport du Sécrétariat (Comité Britannique) — refer. 62 e na kongresy M. K. Ośw. w 1939 r. w Scheveningen i w 1948 r. w Paryżu

INŻ. EDWARD CZARNECKI

Projektowanie skrętek wolframowych do żarówek

Treść. Autor stosuje metodę obliczania skrętek wolframowych do żarówek, polegającą na obliczaniu wstępnym, zgrubnym, nie uwzględniającym szczegółów konstrukcyjnych żarówki, a następnie po wykonaniu pomiarów elektrycznych i fotometrycznych dla próbnych żarówek, wykonanych na podstawie obliczenia wstępnego, ustala poprawki do pierwotnie obliczonych wymiarów skrętek. Dla uproszczenia obliczenia autor podaje szereg nomogramów, które wybitnie ułatwiają projektowanie skrętek. Przytoczone przykłady obliczania skrętek ilustrują zastosowanie metody w praktyce.

Проектирование вольфрамовых спиралей для ламп накаливания. Автор применяет метод расчета вольфрамовых спиралей для ламп накаливания, состоящий в том, что на основании предварительного приближенного расчета, не учитывающего конструкционых деталей лампы, изготовляются пробные лампы, которые подвергаются электрическим и фотометрическим измерениям; на основании результатов этих измерений вводятся поправки к предварительным размерам спирали. Для облегчения расчета спиралей служит ряд номограмм. Применение метода на практике показано на примерах.

Designing of coiled tungsten filament for lamps. The author applies a method for computing tungsten coiled filament for lamps which provides for a preliminary, rough computation, without allowance for the constructional details of the lamp itself, and, further, after electric and photometric measurements in respect of trial lamps have been carried out on the basis of the preliminary computations, he determines the corrections for the size of coiled filament orginally computed. In order do simplify the computations, the author provides a number of nomograms which are of marked assistance in the designing of the coils. Examples of computing coils illustrate the application of this method in practice.

1. Wstęp.

Minęło już 40 lat od chwili, kiedy zapłonęła pierwsza żarówka próżniowa z drucikiem wolframowym. Żarówka przeszła w międzyczasie różne fazy rozwojowe, a mianowicie:

a) zastosowanie gazu (argon, azot) do napełniania baniek żarówek,

b) zastosowanie skrętek zamiast rozpiętego prostego drucika,

c) zastosowanie dwuskrętek,

d) zastosowanie kryptonu i innych gazów szlachetnych.

Zapewne rozwój techniczny żarówki na tym się nie zakończył. Obecnie ukazał się groźny konkurent żarówek w postaci rur fluoryzujących, jednakże nie można się spodziewać, by rury te całkowicie mogły zastąpić żarówki, które nadal pozostaną w wielu wypadkach jedynymi źródłami światła sztucznego.

Istotną częścią żarówki jest skrętka. Właściwe jej zaprojektowanie decyduje o własnościach fotometrycznych i elektrycznych żarówki. Przy projektowaniu skrętek wolframowych do żarówek trudność polega na tym, że w obliczeniu należałoby uwzględnić cały szereg czynników, których wpływ na obliczenie teoretycznie trudno ustalić ze względu na równoczesność zjawisk fizycznych, jak promieniowanie, konwekcja, przewodnictwo cieplne gazów, metali, szkła, zmiana oporu wolframu pod wpływem temperatury i inne. Również ustalenie wpływu wszystkich czynników drogą empiryczną natrafia na przeszkody, trudno bowiem wyodrębnić wpływ poszczególnych czynników.

Celem poniższych rozważań było opracowanie praktycznej metody obliczania skrętek. Teoretyczne rozważania na temat fizycznych zjawisk zachodzących w żarówce zostały przy tym świadomie uproszczone, gdyż celem niniejszej pracy jest możliwa prostota zastosowania obliczeń w praktyce.

Żarówki, jak wiadomo, wykonuje się dwojakiego rodzaju: próżniowe i gazowane. Próżnię w żarówkach stosuje się po to, by uniemożliwić utlenianie wolframu i uniknąć strat wywołanych przez konwekcję w atmosferze gazu.

W wysokiej temperaturze, którą osiąga drucik żarówkowy, następuje rozpylenie (parowanie) wolframu. W próżni powyżej temperatury 2360° K (mierzonej optycznie) szybkość rozpylania wolframu gwałtownie wzrasta, co powoduje szybkie zniszczenie drucika. Żeby uzyskać wystarczającą trwałość (np. dla żarówek normalnych 1000 godzin), nie można z tego względu w żarówkach próżniowych dopuścić temperatury drucika wyższej niż 2360° K (dla cienkich drucików). Sprawność świetlna żarówek, jak wiadomo, wzrasta z temperaturą drucika. Żeby zatem uzyskać możliwie dużą sprawność bez zmniejszenia trwałości, należy zmniejszyć szybkość rozpylania wolframu. Uzyskano to przez napełnianie bańki żarówki obojętnym gazem np. argonem. W tych żarówkach można doprowadzić temperaturę drucika do 2560° K przy około 1000 godzin trwałości. W żarówkach gazowanych straty cieplne są większe niż w żarówkach próżniowych ze względu na przewodnictwo cieplne i konwekcję gazu. Straty te zmniejszono przez zastosowanie zamiast rozpiętego prostego drucika — gęstej skrętki wzgl. dwuskrętki oraz użycie gazu o dużym ciężarze atomowym; mimo to te dodatkowe straty wynoszą od 10 do 30% mocy. Na ogół lepsze wyniki pod względem sprawności osiąga się w żarówkach gazowanych dopiero przy większych mocach (np. od 40 W przy normalnych napięciach). Przy mniejszych mocach stosuje się z lepszym wynikiem żarówki próżniowe.

2. Warunki techniczne.

PNE/26-1936 podają dla żarówek normalnych najmniejszą sprawność w granicach od 7,4 do 18,9 lm/W w zależności od mocy i napięcia. Górna granica sprawności nie jest co prawda bezpośrednio określona przez PNE, jednakże trwałość normalna żarówek określona przez PNE na 1000 godzin przesądza sprawę granicy sprawności.

Wiadomo, że trwałość żarówki jest mniej więcej odwrotnie proporcjonalna do 6...7 potęgi sprawności:

$$T = k \cdot \eta^{-(6...7)} \tag{1}$$

(T — trwałość, η — sprawność, k — stała).
Tolerancje poboru mocy ustalają PNE na $\pm$ 8% dla żarówek poniżej 25 W i $\pm$ 6% dla żarówek powyżej tej mocy.

Z doświadczenia wiadomo, że dla żarówek normalnych gazowanych np. zmiana długości skrętek o 1% wywołuje zmianę sprawności o około 2,5% oraz zmianę trwałości o około 17%. Z tego przykładu widać, że skrętka musi być bardzo dokładnie zaprojektowana, tym bardziej, że należy jeszcze uwzględnić tolerancje wykonania żarówki (tolerancje średnicy drutu wolframowego, średnicy, skoku i długości skrętki, składu i ciśnienia gazu, odprowadzania ciepła przez elektrody i haczyki zależne również od wykonania itp.).

3. Zasada obliczania skrętek.

Na dane fotometryczne i elektryczne skrętki mają wpływ następujące czynniki: średnica i długość drutu wolframowego, skok i średnica skrętki, konstrukcja układu świecącego (liczba i kształt haczyków wsporczych, kształt i materiał elektrod), własności fizyczne i ciśnienie gazu wypełniającego bańkę szklaną, własności elektryczne użytego wolframu itp.

Ścisłe ujęcie obliczeniowe wszystkich tych czynników byłoby niemożliwe. Istnieje mimo to praktyczna możliwość wystarczającego uwzględnienia w obliczeniu wszystkich czynników, a mianowicie w następujący sposób: naj-

pierw obliczamy skrętkę w przybliżeniu, uwzględniając jedynie zasadnicze czynniki: średnicę drutu wolframowego i jego długość. Z tak obliczonego drucika wolframowego wykonuje się skrętkę o średnicy i skoku, które odpowiadają danym warunkom konstrukcyjnym projektowanej żarówki. Żarówki wykonane w ten sposób będą, oczywiście, tylko w przybliżeniu (i to często niewystarczającym) odpowiadały stawianym warunkom. Średnie wartości pomiarów elektrycznych i fotometrycznych tak wykonanych żarówek posłużą jednakże do obliczenia nowej skrętki, która powinna spełnić w dostatecznej mierze założone warunki. W wyjątkowych wypadkach (np. w konstrukcjach specjalnych wybitnie różniących się od wykonań normalnych) może zajść konieczność ponownego zastosowania tej metody.

Poniższe dane dotyczą jedynie skrętek pojedyńczych, jednakże samą metodę można z równym powodzeniem zastosować również do dwuskrętek.

Przyjmijmy następujące oznaczenia wielkości i jednostek:

η	(lm/W)	— sprawność żarówki
F	(lm)	— strumień świetlny żarówki
P	(W)	— moc żarówki
U	(V)	— napięcie żarówki
I	(A)	— natężenie prądu
R	(Ω)	— opór drucika w temperaturze Θ
Θ	(°K)	— temperatura bezwzględna drucika
ϱ	(Ωmm²/m)	— opór właściwy wolframu w temperaturze Θ
l	(mm)	— długość czynna drucika wolframowego
s	(mm²)	— przekrój drucika wolframowego
d	(mm)	— średnica drucika wolframowego
G^{200}	(mg)	— waga odcinka drucika wolframowego długości 200 mm
γ	(mg/mm³)	— ciężar właściwy wolframu (19,3)
S	(mm²)	— powierzchnia drucika wolframowego
l'	(mm/V)	— długość drucika przypadająca na 1 V napięcia
D	(mm)	— średnica rdzenia (wewnętrzna) skrętki
σ	(mm)	— skok skrętki
l_z	(mm)	— długość jednego zwoju skrętki
$D_{śr}$	(mm)	— średnia średnica skrętki
z		— liczba zwojów skrętki
l_s	(mm)	— czynna długość skrętki
T	(h)	— trwałość żarówki

Jak już zaznaczono, w obliczeniu wstępnym uwzględnia się jedynie średnicę i długość drucika wolframowego. Ponieważ z góry można przewidzieć, że nie uwzględniając innych czynników popełnimy dość znaczny błąd, możemy zamiast wstępnego obliczenia przyjąć po prostu wartości uzyskane np. z interpolacji odpowiednich danych już wykonanych podobnych skrętek. Interpolację taką najprościej można dokonać drogą wykreślną np. odczytując odpowiednie wartości z krzywych uzyskanych na podstawie wykonanych skrętek. Rys. 1 i 2 przedstawiają dane skrętek żarówek normalnych, próżniowych i gazowanych o trwałości 1000 h. Z tych wykresów odczytać można dla danego natężenia prądu — wagę odcinka 200 mm drutu wolframowego (zamiast średnicy) oraz długość drucika na 1 V napięcia. Jak widać, dane te wahać się mogą w dość dużych granicach, a mianowicie dla gęstej skrętki o małym skoku stosuje się drucik wolframowy grubszy i dłuższy, natomiast mniejsze wartości wagi 200 mm drutu (średnicy) i długości drucika odpowiadają skrętkom o większym skoku.

Średnicę drutu wolframowego otrzymamy z równania:

$$G = \gamma \cdot s \cdot 200 = \gamma \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot 200 \qquad (2)$$

stąd

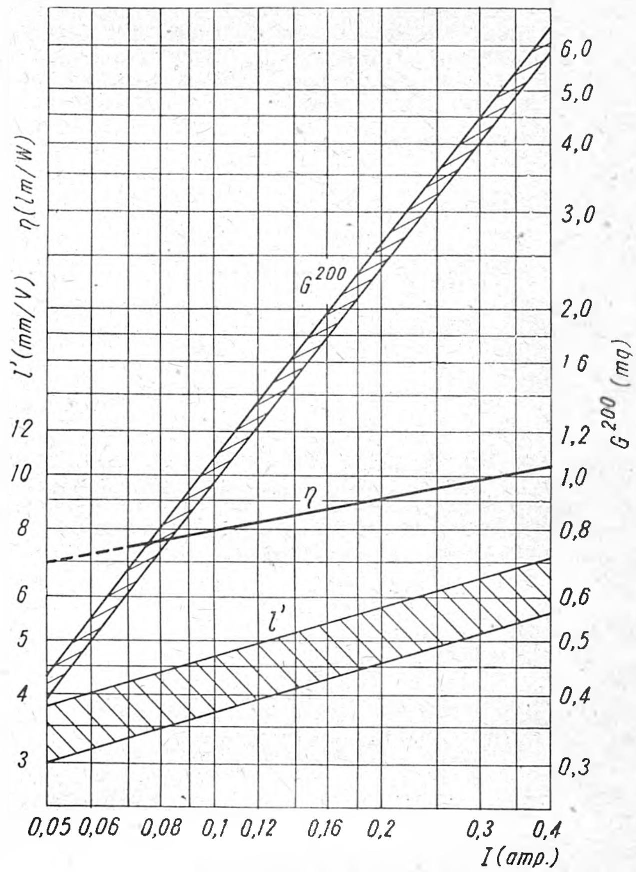
$$d = \sqrt{\frac{4\,G}{\pi\gamma \cdot 200}} \qquad (3)$$

Dla uproszczenia obliczenia równanie (3) przedstawiono w formie nomogramu na rys. 3.

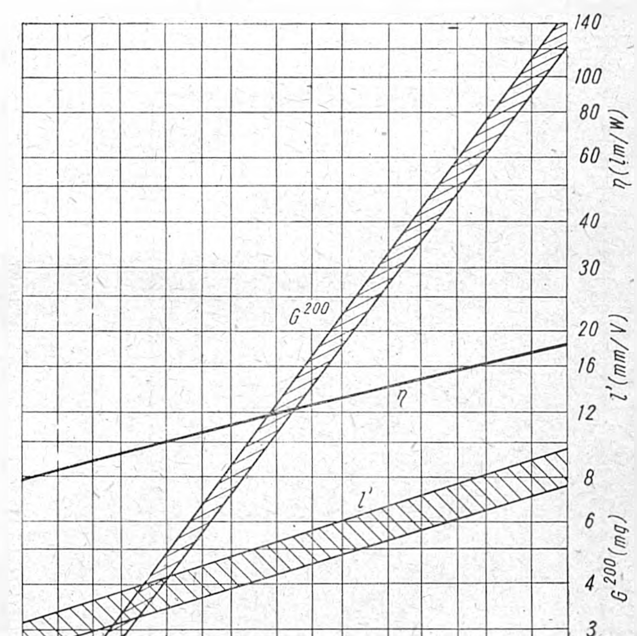
Długość drucika wolframowego otrzymamy z równania:

$$l = U \cdot l' \qquad (4)$$

Na ogół konstrukcja układu świecącego ustala nam długość skrętki. Żeby uzyskać dobrą sprawność i trwałość



Rys. 1. Zasadnicze dane skrętek wolframowych do żarówek próżniowych o trwałości 1 000 h

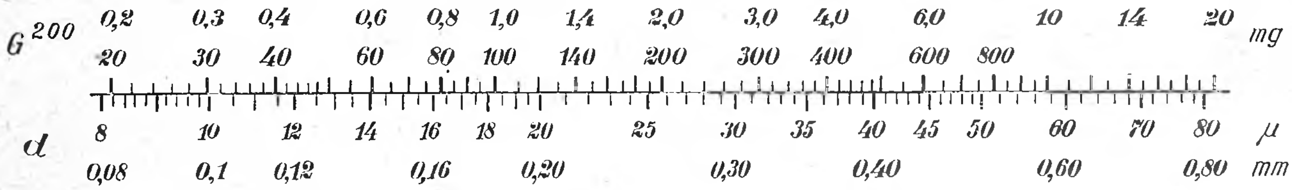


Rys. 2. Zasadnicze dane skrętek wolframowych do żarówek gazowanych o trwałości 1 000 h

trzeba stosować mały skok. Stosunek skoku do średnicy drutu przyjmuje się na ogół od 1,3 do 1,8 (dolna granica określona jest względami mechanicznymi wykonania na maszynach-skrętkarkach i ze względu na możliwość zwarcia zwojów, górna granica nie powinna przekroczyć 2 ze względu na możliwość splątania się skrętek w poszczególnych fazach produkcji). W żarówkach gazo-

Dla uproszczenia obliczenia, jak również celem zobrazowania wpływu zmian poszczególnych czynników równanie to przedstawiono w formie nomogramu. W tym celu przekształcono je w następujący sposób:

$$\pi^2\left(\frac{D}{d}+1\right)^2 = \left(\frac{\sigma}{d}\right)^2\left[\left(\frac{l}{l_s}\right)^2-1\right] \qquad (12)$$



Rys. 3. Waga odcinka drutu walframowego długości 200 mm w zależności od średnicy drutu

wanych stosuje się ze względu na mniejsze straty cieplne na ogół stosunek skoku do średnicy drutu równy 1,3—1,5 (1,6). Średnicę rdzenia skrętki (średnicę wewnętrzną skrętki) trzeba zatem tak dobrać, by przy obliczonej długości drucika otrzymać przewidzianą długość i skok skrętki.

Długość jednego zwoju skrętki wynika z równania

$$l_z = \sqrt{(\pi\, D_{śr})^2 + \sigma^2} \qquad (5)$$

gdzie

$$D_{śr} = D + d \qquad (6)$$

stąd

$$l_z = \sqrt{\pi^2\,(D + d)^2 + \sigma^2} \qquad (7)$$

Długość drucika wyniesie

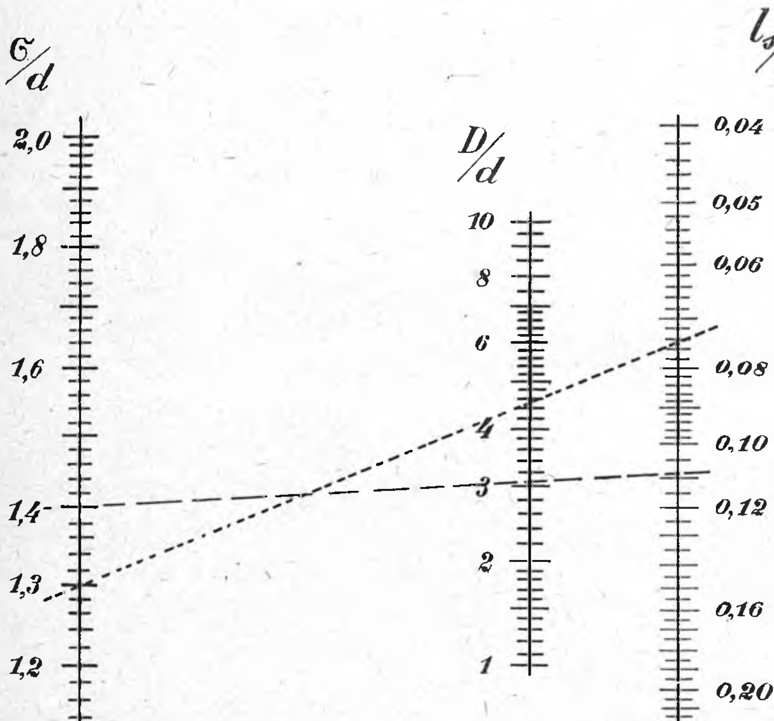
$$l = z \cdot l_z \qquad (8)$$

a ponieważ

$$z = \frac{l_s}{\sigma} \qquad (9)$$

stąd

$$l = l_z \cdot \frac{l_s}{\sigma} = \sqrt{\pi^2\,(D + d)^2 + \sigma^2} \cdot \frac{l_s}{\sigma} \qquad (10)$$



Rys. 4. Nomogram do obliczania skrętek żarówkowych
σ/d — skok względny
D/d — średnica rdzenia względna
l_s/l — czynna długość skrętki względna

z równania tego otrzymamy:

$$\frac{l_s}{l} = \frac{\sigma}{\sqrt{\pi^2\,(D+d)^2+\sigma^2}} = \frac{\frac{\sigma}{d}}{\sqrt{\pi^2\left(\frac{D}{d}+1\right)^2+\left(\frac{\sigma}{d}\right)^2}} \qquad (11)$$

po zlogarytmowaniu otrzymamy:

$$2\lg\pi\left(\frac{D}{d}+1\right) = 2\lg\frac{\sigma}{d} + \lg\left[\left(\frac{l}{l_s}\right)^2-1\right] \qquad (13)$$

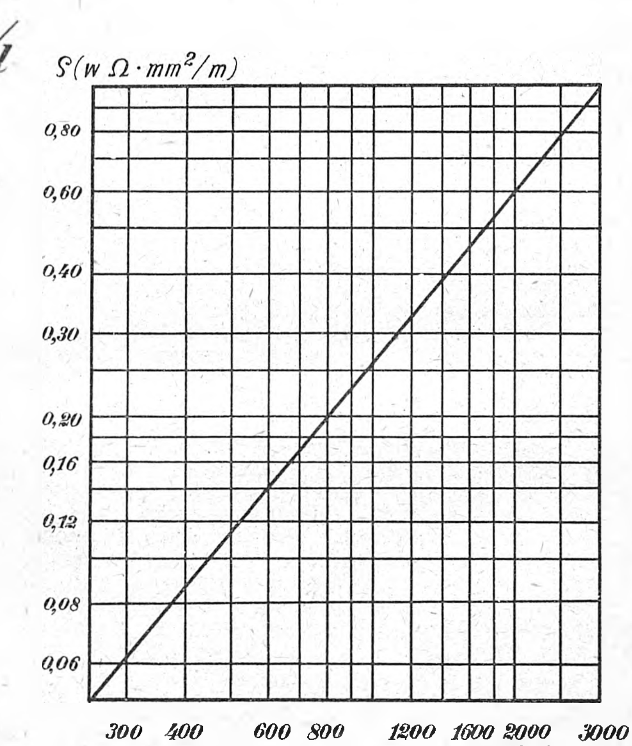
W tej formie równanie to nadaje się do wykreślenia nomogramu o trzech równoległych skalach σ/d, D/d, l_s/l, który przedstawia rys. 4.

Nomogram ma tę zaletę, że bez obliczeń można natychmiast uwzględnić znormalizowane średnice rdzenia tzn. od razu można skorygować przyjęty skok względnie długość skrętki.

4. Obliczenie ostateczne (drugie przybliżenie).

Sprawność żarówki jest to stosunek całkowitego strumienia świetlnego do mocy:

$$\eta = \frac{F}{P} \qquad (14)$$



Rys. 5. Opór właściwy wolframu w zależności od temperatury

Strumień świetlny jest proporcjonalny do powierzchni drucika i zależny od jego temperatury

$$F = c_1 \cdot S \cdot f_1\,(\Theta) \qquad (15)$$

Natomiast na całkowitą moc wydzieloną przez skrętkę składa się całkowita moc wypromieniowana i odprowadzona przez

haczyki oraz w żarówkach gazowanych moc cieplna oddana przez konwekcję i przewodnictwo cieplne gazu. Moc całkowita wydzielona przez skrętkę jest funkcją temperatury i proporcjonalna do powierzchni włókna:

$$P = c_2 \cdot S \cdot f_2(\Theta) \tag{16}$$

Współczynniki c_1 i c_2 są zależne od kształtu skrętki, natomiast funkcja $f_1(\Theta)$ jest funkcją wykładniczą (na podstawie prawa Stefana-Bolzmanna) zależną jedynie od materiału promieniującego; w naszym wypadku przebieg tej funkcji jest zatem niezależny od innych czynników ze względu na to, że ograniczamy się tylko do skrętek z wolframu.

Również funkcja $f_2(\Theta)$ jest w przybliżeniu funkcją wykładniczą (promieniowanie w wysokiej temperaturze), przebieg tej funkcji jest jednakże w pewnym stopniu zależny od atmosfery otaczającej drucik ze względu na to, że funkcja ta uwzględnia również moc oddaną przez konwekcję i przewodnictwo cieplne otaczającego gazu oraz przez haczyki podtrzymujące skrętkę.

Równania (15) i (16) przybiorą (w przybliżeniu) postać:

$$F = C_1 \cdot S \cdot \Theta^{k_1} \tag{15a}$$

$$P = C_2 \cdot S \cdot \Theta^{k_2} \tag{16a}$$

Z równań (14), (15a) i (16a) otrzymamy:

$$\eta = \frac{F}{P} = \frac{C_1 \cdot S \cdot \Theta^{k_1}}{C_2 \cdot S \cdot \Theta^{k_2}} = C_3 \cdot \Theta^{k_3} \tag{17}$$

Temperatura drucika ustala się przy równowadze mocy doprowadzonej i wydzielonej:

$$P = c_2 \cdot S \cdot f_2(\Theta) = I^2 R = \frac{I^2 \rho \cdot l}{s} = I^2 \rho \cdot l \frac{4}{\pi d^2} \tag{18}$$

a ponieważ

$$S = \pi d \cdot l \tag{19}$$

stąd

$$f_2(\Theta) = \rho \frac{4}{\pi^2 \cdot c_2} \cdot \frac{I^2}{d^3} \tag{20}$$

oraz ponieważ opór właściwy wolframu jest również funkcją temperatury, w przybliżeniu funkcją wykładniczą (rys. 5) przeto

$$\rho = f_3(\Theta) = f_4\left(\frac{I^2}{d^3}\right) \tag{21}$$

Ponieważ zarówno sprawność, jak i opór właściwy są funkcjami temperatury, wynika stąd, że sprawność jest funkcją oporu właściwego, a zatem

$$\eta = f_5(\rho) = f_6\left(\frac{I^2}{d^3}\right) \tag{22}$$

Funkcje (21) i (22) są również funkcjami wykładniczymi podobnie jak funkcje poprzednie, przy czym wykładniki tych funkcji, jak wynika z poprzednich rozważań przy żarówkach próżniowych, nie są zależne od kształtu i powierzchni skrętek, lecz są tylko w pewnym nieznacznym stopniu zależne od udziału haczyków w odprowadzaniu ciepła. Dla żarówek gazowanych wykładniki te są poza tym w pewnym — również (dla normalnych konstrukcji) nieznacznym — stopniu zależne od kształtu skrętek ze względu na wpływ kształtu skrętek na udział konwekcji i przewodnictwa cieplnego gazu w odprowadzaniu ciepła. Pomiary praktyczne w zupełności potwierdzają powyższe twierdzenia. Wykresy funkcji (21) i (22) wykonane na podstawie pomiarów przedstawiają w skalach logarytmicznych linie proste, których nachylenia dla różnych żarówek różnią się bardzo nieznacznie (oczywiście wykresy żarówek próżniowych mają inne nachylenie niż odpowiednie wykresy żarówek gazowanych).

Funkcje (21) i (22) można przedstawić w następującej postaci:

$$\lg \rho = m \lg \left(\frac{I^2}{d^3}\right) \tag{23}$$

lub

$$\lg \rho = 2m \lg I - 3m \lg d \tag{24}$$

oraz odpowiednio:

$$\lg \eta = n \lg \frac{I^2}{d^3} = 2n \lg I - 3n \lg d \tag{25}$$

gdzie stałe m i n oznaczają współczynniki zależne od rodzaju żarówki (próżniowa lub gazowana).

Opór skrętki w temperaturze, która ustali się po włączeniu żarówki do sieci, będzie się równał:

$$R = \rho \frac{l}{s} = \rho l \frac{4}{\pi d^2} \tag{26}$$

Napięcie na druciku:

$$U = IR = I \rho l \frac{4}{\pi d^2} \tag{27}$$

po zlogarytmowaniu tego równania otrzymamy:

$$\lg U = \lg I + \lg \rho + \lg l - 2 \lg d + \lg \frac{4}{\pi} \tag{28}$$

a po wstawieniu równania (23):

$$\lg U = (1 + 2m) \lg I - (2 + 3m) \lg d + \lg l + \lg \frac{4}{\pi} \tag{29}$$

Oznaczając wskaźnikiem *1* wartości uzyskane na podstawie obliczenia wstępnego, a wskaźnikiem *2* odpowiednie wartości drugiego przybliżenia otrzymamy:

$$\lg U_1 = (1 + 2m) \lg I_1 - (2 + 3m) \lg d_1 + \lg l_1 + \lg \frac{4}{\pi}$$

$$\lg U_2 = (1 + 2m) \lg I_2 - (2 + 3m) \lg d_2 + \lg l_2 + \lg \frac{4}{\pi}$$

Po odjęciu pierwszego równania od drugiego otrzymujemy równanie następującej postaci:

$$\lg \frac{U_2}{U_1} = (1 + 2m) \lg \frac{I_2}{I_1} - (2 + 3m) \lg \frac{d_2}{d_1} + \lg \frac{l_2}{l_1} \tag{30}$$

Równanie to uprości się z tego względu, że napięcie dla żarówki z obliczenia wstępnego jest równe napięciu żarówki z obliczenia drugiego:

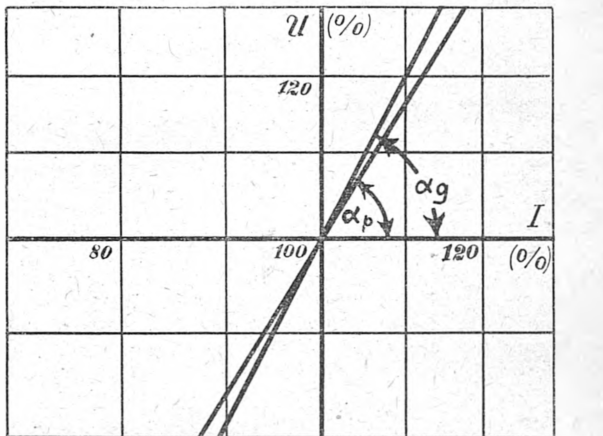
$$U_2 = U_1$$

a zatem

$$\lg \frac{U_2}{U_1} = 0 = (1 + 2m) \lg \frac{I_2}{I_1} - (2 + 3m) \lg \frac{d_2}{d_1} + \lg \frac{l_2}{l_1} \tag{31}$$

Z równania tego — znając stałą m — można obliczyć nowe, poprawione wartości d_2 i l_2. Stała m, jak wynika z poprzednich uwag, waha się w dość wąskich granicach, jest jednakże różna dla żarówek próżniowych i gazowanych, można ją łatwo ustalić drogą empiryczną. Równanie (30) przy niezmiennych wartościach d i l, a zatem dla tej samej żarówki przybierze postać

$$\lg \frac{U_2}{U_1} = (1 + 2m) \lg \frac{I_2}{I_1} \tag{32}$$



Rys. 6. Napięcie żarówek próżniowych (*p*) i gazowanych (*g*) w funkcji natężenia prądu

Na podstawie odpowiednich pomiarów natężenia prądu płynącego przez żarówkę przy różnych napięciach można funkcję (32) przedstawić wykreślnie. Rys. 6 przedstawia odpowiednie wykresy, przy czym wykresy te odpowiadają

średnim wartościom pomiarów uzyskanym dla różnych żarówek. Nachylenie tych prostych równa się według (32)

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\lg \frac{U_2}{U_1}}{\lg \frac{I_2}{I_1}} = 1 + 2\,m \tag{33}$$

Dla żarówek próżniowych odczytujemy z rys. 6

$$\operatorname{tg}\alpha_p = 1{,}62 = 1 + 2\,m_p \tag{34}$$

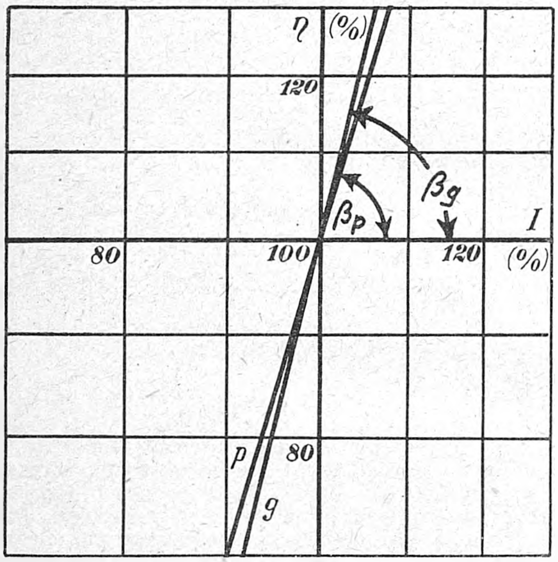
stąd

$$m_p = \frac{1{,}62 - 1}{2} = 0{,}31 \tag{35}$$

i odpowiednio z tego samego rysunku dla żarówek gazowanych:

$$\operatorname{tg}\alpha_g = 1{,}92 = 1 + 2\,m_g \tag{36}$$

$$m_g = \frac{1{,}92 - 1}{2} = 0{,}46 \tag{37}$$



Rys. 7. Sprawność żarówek próżniowych *(p)* i gazowanych *(g)* w funkcji natężenia prądu

Wstawiając te wartości do równania (31) otrzymamy dla żarówek próżniowych:

$$\lg\frac{l_2}{l_1} = -\,1{,}62\,\lg\frac{I_2}{I_1} + 2{,}93\,\lg\frac{d_2}{d_1} \tag{38}$$

dla żarówek gazowanych:

$$\lg\frac{l_2}{l_1} = -\,1{,}92\,\lg\frac{I_2}{I_1} + 3{,}38\,\lg\frac{d_2}{d_1} \tag{39}$$

Skale l, I, d na nomogramach rys. 8 i 9 przedstawiają w formie wykreślnej funkcje (38) i (39); skale te podane są w procentach w stosunku do wartości pierwszego przybliżenia.

W podobny sposób można przedstawić sprawność w funkcji natężenia prądu i średnicy drucika. Funkcji (22) ze względu na jej charakter wykładniczy również można nadać formę logarytmiczną podobnie, jak widzieliśmy wyżej w równ. (25):

$$\lg\eta = n\,\lg\frac{I^2}{d^3} = 2n\lg I - 3n\lg d \tag{40}$$

skąd

$$\lg\frac{\eta_2}{\eta_1} = 2\,n\lg\frac{I_2}{I_1} - 3\,n\lg\frac{d_2}{d_1} \tag{41}$$

Dla tej samej żarówki $d_2 = d_1$, skąd

$$\lg\frac{\eta_2}{\eta_1} = 2\,n\lg\frac{I_2}{I_1} \tag{42}$$

Funkcję tę uzyskamy drogą pomiarów sprawności żarówki przy różnych natężeniach prądu. Na rys. 7 przedstawiono odpowiednie wykresy na podstawie wartości średnich z kilku żarówek różnego typu.

Nachylenie tych prostych wynosi:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\lg\frac{\eta_2}{\eta_1}}{\lg\frac{I_2}{I_1}} = 2\,n \tag{43}$$

Dla żarówek próżniowych odczytujemy z rys. 7

$$\operatorname{tg}\beta_p = 3{,}47 = 2\,n \tag{44}$$

skąd

$$n = \frac{3{,}47}{2} = 1{,}735 \tag{45}$$

Odpowiednio dla żarówek gazowanych otrzymamy z tegoż rysunku

$$\operatorname{tg}\beta_g = 4{,}1 = 2\,n \tag{46}$$

$$n = 2{,}05 \tag{47}$$

Wstawiając te wartości do równania (41) otrzymamy dla żarówek próżniowych:

$$\lg\frac{\eta_2}{\eta_1} = 3{,}47\lg\frac{I_2}{I_1} - 5{,}21\lg\frac{d_2}{d_1} \tag{48}$$

oraz dla żarówek gazowanych:

$$\lg\frac{\eta_2}{\eta_1} = 4{,}1\lg\frac{I_2}{I_1} - 6{,}15\lg\frac{d_2}{d_1} \tag{49}$$

Funkcje te można również przedstawić w formie nomogramów. Najlepiej w tym celu wykorzystać już wyrysowane skale I, d na rys. 8 i 9, należy jednak odpowiednio dobrać odległość i podziałkę nowej skali przedstawiającej sprawność tak, by spełnione były równania (48) i (49). W rezultacie otrzymuje się pełne nomogramy rys. 8 i 9, które posłużą do obliczenia drugiego przybliżenia. Nomogramy te uzupełniono jeszcze skalami trwałości T i wagi odcinka drutu wolframowego długości 200 mm G^{200} w myśl równań (1) i (3), lecz wykładnik potęgowy równania (1) obliczono dokładniej: mianowicie znane są empiryczne wzory na przeliczenie trwałości żarówek w zależności od przepięcia:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^p \tag{50}$$

Dla żarówek próżniowych:

$$p_{pr} = 13 \tag{51}$$

oraz dla żarówek gazowanych:

$$p_g = 14 \tag{52}$$

Ponieważ zależność sprawności od napięcia jest znana z równań (33) i (40):

$$\lg\frac{U_2}{U_1} = (1+2m)\lg\frac{I_2}{I_1} = \frac{1+2\,m}{2\,n}\lg\frac{\eta_2}{\eta_1} \tag{53}$$

po wstawieniu w równanie (50) otrzymujemy:

$$\lg\left(\frac{T_2}{T_1}\right) = p\cdot\lg\frac{U_1}{U_2} = p\,\frac{1+2\,m}{2\,n}\,\lg\frac{\eta_1}{\eta_2} \tag{54}$$

Dla żarówek próżniowych

$$p_{pr}\cdot\frac{1+2\,m_p}{2\,n_p} = 13\,\frac{1+2\cdot 0{,}31}{2\cdot 1{,}735} = 6{,}05 \tag{55}$$

Dla żarówek gazowanych

$$p_g\,\frac{1+2\,m_g}{2\,n_g} = 14\,\frac{1+2\cdot 0{,}46}{2\cdot 2{,}05} = 6{,}55 \tag{56}$$

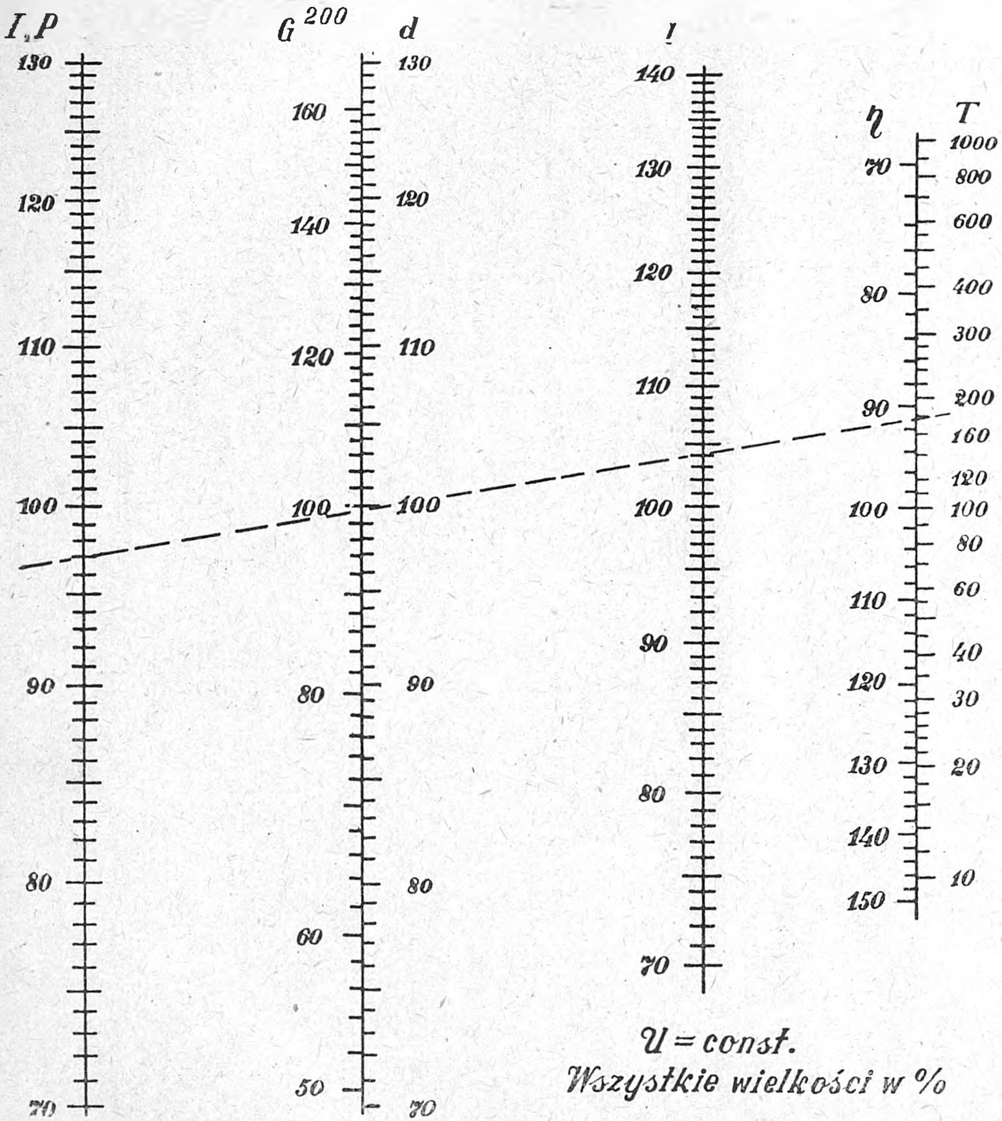
a zatem dla żarówek próżniowych:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^{6,05} \tag{57}$$

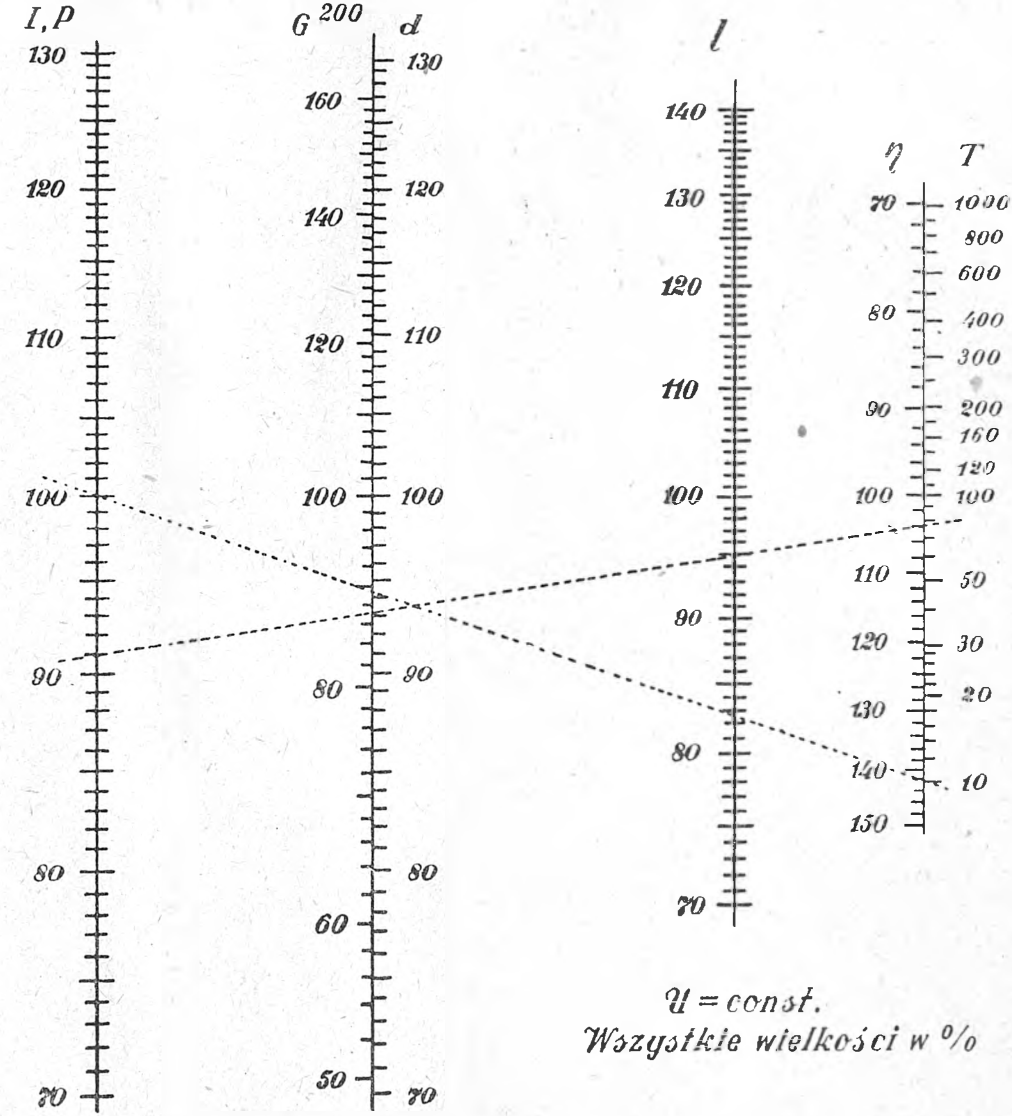
i dla żarówek gazowanych:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right)^{6,55} \tag{58}$$

Z nomogramów na rys. 8 i 9 odrazu można odczytać zależności między nastepującymi wielkościami: długością i średnicą drucika wolframowego, wagą 200 mm tego drucika, natężeniem prądu (mocą), sprawnością i trwałością, a zatem przy pomocy jednej prostej pomocniczej rozwiązuje się odrazu równanie (względnie szereg równań) o 6



Rys. 8. Nomogram do obliczania skrętek wolframowych do żarówek próżniowych (drugie przybliżenie)



Rys. 9. Nomogram do obliczania skrętek wolframowych do żarówek gazowanych (drugie przybliżenie)

zmiennych. W ten sposób wielce upraszcza się całe obliczenie, przy czym nomogramy te w przejrzystej formie przedstawiają wpływ poszczególnych czynników. Również w wypadku, gdy nie posiadamy np. drutu o średnicy wynikającej z obliczenia, możemy przyjąć drut o zbliżonym wymiarze tak dobierając długość drucika, by uzyskać właściwy kompromis w granicach dopuszczalnych tolerancji.

Z nomogramów na rys. 8 i 9 można również odczytać bardzo ciekawe dane na temat dopuszczalnych tolerancji wykonania. Np. w żarówkach gazowanych, żeby utrzymać rozrzut trwałości w granicach $\pm$ 20% (np. od 800 do 1200 godzin), odczytujemy z rys. 8 tolerancje sprawności $\mp$ 3,5%. Przy tolerancji wagi drutu wolframowego w granicach $\pm$ 1% możemy z tegoż nomogramu odczytać dopuszczalne tolerancje długości $\pm$ 1,3%, otrzymując dla mocy tolerancje $\pm$ 1,5%. Jeżeli przyjąć tolerancje średnicy rdzenia $\pm$ 0,3%, pozostaje dla długości skrętki tolerancja $\pm$ 1%, a zatem wymaga się bardzo dużej dokładności wykonania.

7. Przykłady obliczania skrętek.

A) Żarówka próżniowa na 15 W i 150 V o trwałości 1 000 godzin. Zakładamy długość skrętki $l_s = 70$ mm

Natężenie prądu $I = \frac{P}{U} = \frac{15}{150} = 0,1$ amp; dla danej trwałości odczytujemy z wykresu na rys. 1:

$$G_1^{200} = 1,0 \text{ mg}$$

$$l_1' = 4,3 \text{ mm/V}$$

Średnicę drutu odczytujemy z nomogranu na rys. 3 dla powyższej wartości G_1^{200}:

$$d_1 = 18,2\ \mu = 0,0182 \text{ mm}.$$

Długość drucika:

$$l_1 = U \cdot l' = 150 \cdot 4,3 = 645 \text{ mm}$$

$$\frac{l_s}{l_1} = \frac{70}{645} = 0,109.$$

Przyjmując względny skok $\frac{s}{d} = 1,4$ otrzymamy z nomogramu na rys. 4 względną średnicę rdzenia $\frac{D}{d} = 3,05$, a zatem $D_1 = 3,05 \cdot 0,0182 = 0,555$ mm; wykonujemy ze względu na normalizację na $D_1 = 0,55$ mm.

Przypuśćmy, że wykonane żarówki o skrętkach według powyższego obliczenia wykazały następujące średnie wartości pomiarów:

$$I_1 = 0,103 \text{ amp. } (P = 15,5 \text{ watów}),\ \eta_1 = 8,9 \text{ lm/W},$$
$$T_1 = 560 \text{ godz.},$$

a zatem odpowiednie wartości żarówki według drugiego przybliżenia w stosunku do obliczenia wstępnego powinny wynosić:

$$\frac{I}{I_1} = \frac{0,1}{0,103} = 97\%, \qquad \frac{T}{T_1} = \frac{1000}{560} = 175\%.$$

Dla tych wartości otrzymamy z nomogramu na rys. 8:

$$\frac{d_2}{d_1} = 100\%; \quad \frac{l_2}{l_1} = 104\%; \quad \frac{\eta_2}{\eta_1} = 91\%$$

oraz

$$\eta_2 = 0,91 \cdot 8,9 = 8,1 \text{ lm/W},$$

a zatem średnicę drucika można pozostawić bez zmian, długość jego natomiast należy powiększyć do 104% poprzedniej wartości; stąd $l_2 = 1,04 \cdot l_1 = 670$ mm. Dla tej długości drucika, postępując podobnie jak na początku obliczenia, nie zmieniając w zasadzie względnej wartości skoku, otrzymamy:

$$\frac{l_s}{l} = \frac{70}{670} = 0,1045;$$

$$\text{z rys. 4 dla } \frac{s}{d} = 1,41 \quad \text{i} \quad \frac{D}{d} = 3,25;$$

stąd $D = 3,25 \cdot 0,0182 = 0,592 \approx 0,60$ mm; odpowiednio należy poprawić: $l_{s2} = l_s \cdot \frac{0,592}{0,60} = 69$ mm.

B) Żarówka specjalna fotograficzna gazowana na $P = 500$ W, $U = 220$ V, $T = 100$ h i sprawność możliwie dużą. Ze względu na dużą sprawność zastosujemy mały skok, a tym samym grubszy i dłuższy drucik wolframowy. Mając powyższe na uwadze, odczytujemy z rys. 2 odpowiednie wartości dla trwałości $T_1 = 1000$ h i natężenia prądu:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{500}{220} = 2,27 \text{ amp.},$$

$$G_1^{200} = 50 \text{ mg}, \ l_1' = 7 \text{ mm/V}, \quad \text{skąd} \quad l_1 = 220 \cdot 7 = 1540 \text{ mm}.$$

Dla tej samej mocy, jednakże dla trwałości $T_2 = 100$ h $= 0,1\ T_1$ odczytujemy z nomogramu na rys. 9:

$$G_2^{200} = 89,5\%,\ l_2 = 82,5\%,$$

a zatem

$$G_2^{200} = 50 \cdot 0,895 = 44,7 \text{ mg},$$

$$d_2 = 0,122 \text{ mm (z rys. 3)},\ l_2 = 1540 \cdot 0,825 = 1270 \text{ mm}.$$

Przypuśćmy, że konstrukcja przewiduje długość czynną skrętki $l_s = 95$ mm, a zatem $\frac{l_s}{l} = \frac{95}{1270} = 0,075$; względny skok założymy $s/d = 1,3$. Z nomogramu na rys. 4 odczytamy dla tych wartości

$$D/d = 4,5, \text{ a zatem } D_2 = 4,5 \cdot 0,122 = 0,55 \text{ mm}.$$

Na podstawie powyższych danych wykonujemy skrętki. Żarówki wykonane z tych skrętek — przypuśćmy — dały następujące wyniki pomiarów:

$$P_2 = 550 \text{ W}, \quad T_2 = 130 \text{ h}.$$

Drugie przybliżenie otrzymamy z nomogramu na rys. 9 dla wartości

$$\frac{P}{P_2} = \frac{500}{550} = 91\% \ \text{ i } \ \frac{T}{T_2} = \frac{100}{130} = 77\%,$$

a mianowicie: $G^{200} = 87\%$; $G_2^{200} = 0,87 \cdot 44,7 = 38,9$ mg,

$$l = 0,95 \cdot l_1 = 0,95 \cdot 1270 = 1210 \text{ mm},$$

a zatem $d = 0,113$ mm (z rys. 3). Ponowne zastosowanie nomogramu z rys. 4 daje dla

$$\frac{l_s}{l} = \frac{95}{1210} = 0,0775 \text{ przy } s/d = 1,3$$

$$D/d = 7\%, \text{ skąd } D = 4,3 \cdot d = 4,3 \cdot 0,113 = 0,485 \text{ mm}.$$

A zatem wszystkie dane skrętki są obliczone i żarówki wykonane z tak obliczonymi skrętkami powinny spełnić założone warunki. Dalszą korektę danych można by przeprowadzić w podobny sposób, jednakże naogół nie będzie to potrzebne.

C) Żarówka argonowa na $P_1 = 60$ W, $U_1 = 200$ V, $T_1 = 1000$ h. Przypuśćmy, że posiadamy dane skrętki podobnej żarówki: $P_o = 60$ W, $U_o = 220$ V, $T_o = 1000$ h. Konstrukcja żarówki projektowanej ma być identyczna z wykonaną żarówką na napięcie 220 V.

Natężenie prądu wyniesie:

$$I_1 = \frac{60}{200} = 0,3 \text{ amp.}$$

$$I_o = \frac{60}{220} = 0,272 \text{ amp.},$$

skąd

$$\frac{I_1}{I_o} = \frac{0,3}{0,272} = 110\%.$$

Z nomogramu na rys. 9 odczytujemy dla $I = 110\%$ i $T = 100\%$:

$$G^{200} = 113\% \text{ oraz } l = 103\%,$$

a zatem wagę drutu wolframowego przyjmiemy: $G_1^{200} = 1,13 \cdot G_o^{200}$.

Natomiast długość drucika dla niezmienionego napięcia $U_o = 220$ V wyniesie: l_1 (220 V) $= 1,03 \cdot l_o$. Ponieważ jednak napięcie ma wynieść 200 V, a nie 220 V, zatem w tym samym stosunku musi się zmienić długość drucika (według prawa Ohma):

$$l_1 \text{ (200 V)} = 1,03 \cdot l_o \cdot \frac{200}{220} = 0,94 \cdot l_o.$$

Wartość $\frac{s}{d}$ oraz $\frac{D}{d}$ pozostawiamy bez zmian.

8. Uwagi końcowe.

Nomogramy na rys. 8 i 9 zostały opracowane zasadniczo dla podobnych skrętek, a zatem dla skrętek o niezmiennych wartościach s/d, D/d, l_s/l. Z tego względu posługując się tymi nomogramami należy dla obliczenia skrętek w pierwszym przybliżeniu ustalić z góry kształt skrętek i w drugim przybliżeniu obliczać możliwie skrętki geometrycznie podobne do pierwszego przybliżenia. Nie jest to zawsze możliwe, należy zatem co najmniej te względne wymiary skrętek pozostawić bez zmian, które największy mają wpływ na wartości elektryczne i fotometryczne żarówek (dotyczy to szczególnie żarówek gazowanych). Największy wpływ wykazuje względny skok s/d, który raz ustalony przy przeliczaniu nie powinien ulec zmianie. Nomogramy na rys. 8 i 9 nie uwzględniają zmiany względnego skoku, to też ewentualna jego zmiana wpłynie ujemnie na dokładność obliczenia. To samo, chociaż w znacznie mniejszym stopniu, dotyczy również względnej średnicy rdzenia D/d.

INŻ. REUTT ANTONI

Obwody magnetyczne silników z wirnikami stożkowymi

Treść. Silniki z wirnikami stożkowymi znajdują zastosowanie w napędach, które wymagają częstego i raptownego zatrzymywania. Podany jest sposób obliczania obwodów magnetycznych takich silników.

Магнитная цепь двигателей с коническим ротором. Двигатели с коническими роторами применяются в приводах, требующих частой и внезапной остановки. Дается способ расчета магнитных цепей таких двигателей.

Magnetic circuits of motors with conical rotors. Motors with conical rotors are being adopted in the case of drives requiring frequent and sudden stoppage. The author quotes a method of computing the magnetic circuits of such motors.

Circuits magnétiques des moteurs à rotors coniques. Les moteurs à rotors coniques trouvent leur application dans les cas qui nécessitent des arrêts brusques et fréquents. L'auteur indique une méthode de calcul des circuits magnétiques de tels moteurs.

1. Wstęp.

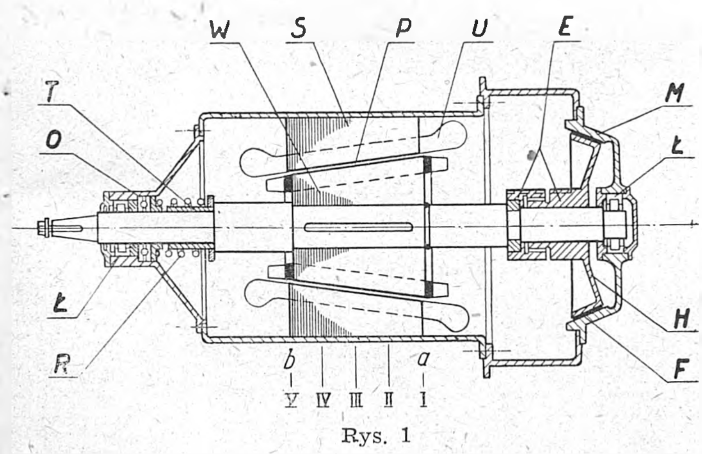
W pewnych wypadkach od urządzenia napędowego, w którym jest użyty silnik 3-fazowy klatkowy, wymagane są częste i raptowne zatrzymywania i następnie ponowne uruchamiania. Między innymi w takich urządzeniach znajdują zastosowania silniki asynchroniczne z wirnikami stożkowymi.

Intencją niniejszego artykułu jest omówienie pewnych kwestii, które wyłaniają się przy projektowaniu obwodów magnetycznych takich silników.

Jeśli chodzi o przykłady z praktyki, to silniki z wirnikami stożkowymi mają zastosowanie w mechanizmach podnośników ciężarów i mechanizmach jazdy wózków suwnic, kiedy dzięki dość raptownemu zahamowaniu ma się możność umieścić hak w dowolnym punkcie obsługiwanej przestrzeni. Druga dziedzina, w której omawiane silniki są stosowane, to napędy niektórych obrabiarek. Zanim przejdziemy do zakreślonego wyżej tematu omówimy pobieżnie konstrukcję i działanie silników z wirnikami stożkowymi.

2. Konstrukcja i działanie.

Silniki elektryczne 3-fazowe klatkowe, posiadające tę własność, że po odłączeniu silnika od sieci następuje zahamowanie wirnika w dość raptowny sposób, mają specjalną budowę. Przede wszystkim wirniki te różnią się



Rys. 1

od powszechnie stosowanych silników klatkowych tym, że wirniki ich mają kształt nie walca, lecz stożka. Pakiety żelaza stojanów posiadają odpowiednie stożkowe otwory do umieszczania stożkowych wirników (kąt stożka około 10°).

Na rys. 1 pokazany jest podłużny przekrój silnika z wirnikiem stożkowym. Widoczne są tam: *S*-pakiet blach stojana ze stożkowym otworem, *U*-uzwojenie stojana, *W*-wirnik stożkowy z klatką aluminiową, *P*-szczelina powietrzna.

Konstrukcja ułożyskowania wirnika pozwala na pewien poosiowy przesuw wirnika. Możliwe to jest dzięki zastosowaniu łożysk rolkowych (SKF, typ WUL), przy czym rolki łożyska pracują bezpośrednio na utwardzonej powierzchni wału. Na rysunku oba łożyska rolkowe oznaczone są literą *Ł*. Przesuw poosiowy wirnika wynosi 2,5—4 mm.

Poza wirnikiem na wale umieszczona jest tarcza hamulca stożkowego *H*, mająca na swym obwodzie taśmę ferrodową *F*. Literą *M* oznaczona jest nieruchoma część hamulca stożkowego, a litera *R* wskazuje sprężynę dającą nacisk poosiowy w kierunku hamulca.

Na rysunku przedstawiony jest silnik w stanie spoczynku. Wtedy sprężyna *R* dociska obie części hamulca i wirnik, a wraz z nim i dalsze części mechanizmu napędowego są unieruchomione. Wirnik jest wtedy nieco wysunięty ze swego właściwego położenia, które ma podczas pracy. W spoczynku zatem pakiety żelaza stojanowego i wirnikowego są względem siebie przesunięte o 2,5—4 mm.

Po włączeniu uzwojenia stojana do sieci pole magnetyczne wirujące stojana wciąga wirnik do wnętrza pakietu stojana, przez co hamulec zostaje zluzowany i silnik jest zdolny do pracy.

Po odłączeniu uzwojenia stojana od sieci zasilającej pole magnetyczne, które utrzymuje wirnik wewnątrz pakietu stojana, zanika, a sprężyna *R* dociska obie cierne powierzchnie hamulca *F* i *M* do siebie, hamując ruch wirnika.

Podczas pracy silnika nacisk poosiowy przenosi się na łożysko kulkowe oporowe *O* (SKF, typ 51100), a tulejka *T* zabezpiecza przed zatarciem wirnika o stojan i zapewnia uzyskanie wymaganej szczeliny powietrznej w w czasie pracy.

Poza tym przewidziana jest możność kompensowania różnej grubości taśmy hamulcowej *F* (zużycie) przy pomocy gwintu w elementach *E*.

Przełącznik sterujący (nie wskazany na rysunku) pozwala na pracę silnika przy dowolnym kierunku obrotów wirnika.

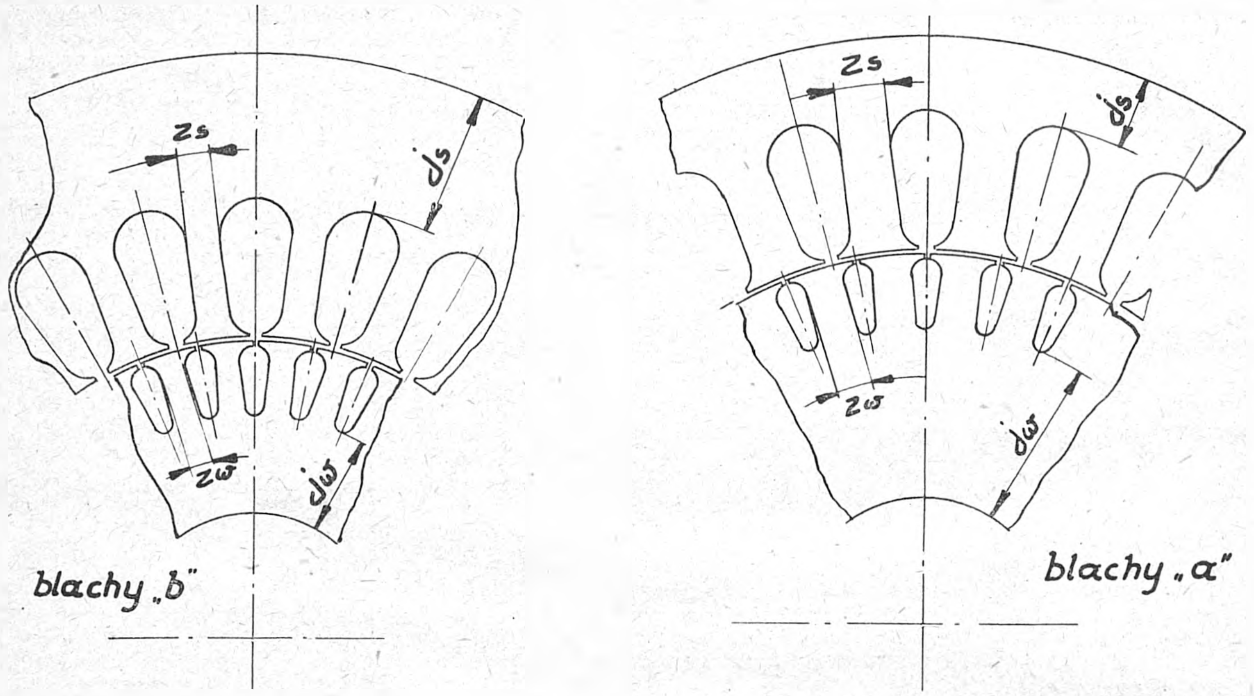
3. Obwód magnetyczny.

Wskutek tego, że szczelina powietrzna między pakietem stojana i pakietem wirnika zamiast tworzyć walec, jak to bywa w zwykłym silniku, przebiega tutaj stożkowo, obwód magnetyczny silnika z wirnikiem stożkowym posiada pewne ciekawe cechy.

Na rys. 2 przedstawione są obok siebie wycinki skrajnych blach „a" i „b", należących do tego samego silnika z rys. 1. Średnice zewnętrzne wszystkich blach stojana są identyczne. Otwory na wał oraz żłobki stojana i wirnika we wszystkich blachach są wytłaczane przy pomocy tych

samych narzędzi. Przy tłoczeniu żłobków stojana i żłobków wirnika (osobno) odległość pomiędzy środkiem blach a narzędziem tłoczącym ulega zmianom. W ten sposób

Na rys. 3 pokazany jest rozkład indukcji magnetycznej B_p) w szczelinie powietrznej wzdłuż pakietu żelaza dla (silników o mocy 4,5 kW i 1,1 kW przy 1450 obr./min.



Rys. 2

żłobki tak stojana, jak i wirnika rozmieszcza się stopniowo w różnych odległościach od środka. Wytłoczone blachy rozdziela się na blachy stojana i blachy wirnika, przy czym średnica, po której następuje rozdział, zmienia się odpowiednio do rozmieszczenia żłobków. Powstające przy pakietowaniu drobne nierówności na powierzchniach stożkowych stojana i wirnika zostają wyrównane przez szlifowanie lub przetoczenie.

Z porównania między sobą blach „a" i „b" (rys. 2) widać, że poszczególne wymiary decydujące o opornościach magnetycznych obwodów, utworzonych z blach „a" ew.

Tablica I. Porównanie wymiarów blach

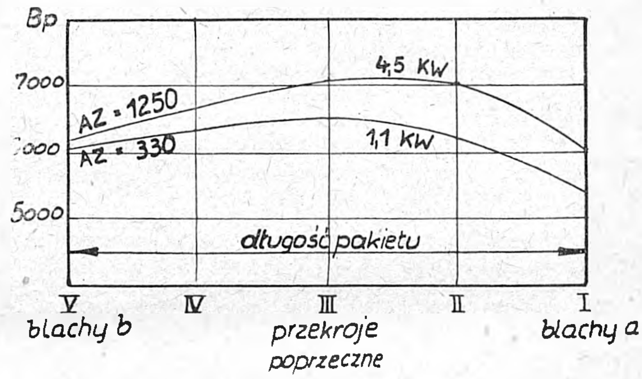
	Blacha „a"	Blacha „b"
Jarzmo stojana j_s	najmniejsze	największe
Zęby „ z_s	największe	najmniejsze
Jarzmo wirnika j_w	największe	najmniejsze
Zęby „ z_w	największe	najmniejsze

„b", są różne. W celu podkreślenia tego wyniki porównania blach „a" i „b" zestawione są w tabl. I. Dla blach znajdujących się między blachami „a" i „b" wymiary te przybierają wartości pośrednie.

Opory magnetyczne poszczególnych odcinków drogi strumienia magnetycznego są zależne z jednej strony od wymiarów geometrycznych, z drugiej strony od przenikalności magnetycznej związanej z nasyceniem panującym w danym odcinku. Nasycenia ew. przenikalności magnetyczne, odniesione do wymiarów geometrycznych w dowolnie rozpatrywanym przekroju, podporządkowane są pewnemu wspólnemu dla wszystkich przekrojów czynnikowi. Tym czynnikiem regulującym rozkład nasycenia magnetycznego wzdłuż pakietu blach jest siła magnetomotoryczna, pochodząca od amperozwojów magnesujących (AZ) uzwojenia stojana.

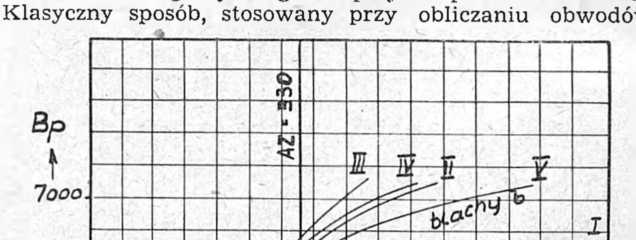
Siła magnetomotoryczna wzdłuż całego pakietu posiada wartość stałą, a nasycenie wzdłuż pakietu blach rozkłada się w ten sposób, że dopiero iloczyn wypadkowego oporu magnetycznego i strumienia magnetycznego przechodzącego przez rozpatrywany obwód jest wielkością stałą, równą sile magnetomotorycznej. W ten sposób rozkład nasycenia wzdłuż pakietu blach jest nierównomierny. Dotyczy to zarówno zębów i jarzem stojana i wirnika, jak i szczeliny powietrznej.

Skoro indukcja magnetyczna rozkłada się nierównomiernie w szczelinie powietrznej wzdłuż osi silnika, obliczenie amperozwojów magnesujących dla określonego



Rys. 3

strumienia magnetycznego napotyka pewne trudności. Klasyczny sposób, stosowany przy obliczaniu obwodów



Rys. 4

magnetycznych silników ze zwykłymi walcowymi wirnikami, w tym wypadku wymaga zmodyfikowania. Autor stosuje do określenia amperozwojów magnesujących przy

projektowaniu silników z wirnikami stożkowymi następujący sposób.

1) Dla pięciu (można więcej) przekrojów równomiernie rozmieszczonych wzdłuż osi pakietu (rys. 1) wyznaczamy amperozwoje dla różnych wartości indukcji w szczelinie powietrznej: $AZ = f(B_p)$ dla B_p = 5000 — 7000 gausów. Wskazane na rys. 2 blachy „a" należą do I przekroju, blachy „b" należą do V przekroju. Blachy przekrojów II, III i IV posiadają rozmieszczenie żłobków na średnicach równomiernie stopniowanych pomiędzy „a" i „b".

2) Zestawione wyniki obliczeń $AZ = f(B_p)$ w postaci pięciu krzywych magnesowania dla pięciu różnych przekrojów podano na wspólnym wykresie (rys. 4).

3) Z rys. 4 korzystamy w ten sposób, że dla dowolnie obranych amperozwojów magnesujących (AZ = const.) wyznaczamy rozkład indukcji magnetycznej w szczelinie powietrznej B_p. Na rys. 4 przeprowadzono wyznaczenie dla AZ = 330 ampzw. Wartości indukcji magnetycznej B_p wzięte z rys. 4 pozwoliły zbudować wykres na rys. 3.

4) Mając rozkład indukcji w szczelinie powietrznej, można już obliczyć strumienie magnetyczne w wycinkach ograniczonych obranymi w p. 1 przekrojami: I—II, II—III, III—IV, IV—V. Suma tych strumieni daje wypadkowy strumień magnetyczny Φ. Oczywiście, dla każdego wycinka miarodajna jest inna podziałka biegunowa.

Znaleziony w ten sposób strumień magnetyczny winien być taki, jaki jest wymagany ze względu na zastosowaną liczbę zwojów w uzwojeniu stojana przy danym napięciu.

Nierównomierność rozkładu indukcji magnetycznej w zębach i jarzmie stojana wzdłuż osi pakietu stwarza również trudności przy obliczaniu strat w żelazie. Straty te mogą być określone po wprowadzeniu pewnych upraszczających założeń. Dokładność otrzymanych wyników może być zwiększona przez wprowadzenie innego podziału na wycinki, o których wyżej była mowa. Uzyskana jednak tą drogą wielkość strat w żelazie posiada charakter szacunkowy. Zazwyczaj kwestia strat w żelazie potraktowana w sposób szacunkowy dla silników z wirnikami stożkowymi zostaje na tym zamknięta. Zdawać by się mogło, że takie podejście do kwestii strat w żelazie jest zbyt lekkie, można jednak sobie na to pozwolić, ponieważ silniki tego typu przeważnie przeznaczone są do pracy przerywanej o charakterze dźwigowym, a więc przede wszystkim zwraca się uwagę na momenty rozruchowe, przeciążalności i prądy włączania, sprawność zaś zazwyczaj nie jest ujęta gwarancją.

INŻ. J. WOJCIECHOWSKI

Ostatnie postępy w technice elektrowni angielskich

Treść. W okresie ostatniego dziesięciolecia na terenie Wielkiej Brytanii osiągnięto poważne postępy w rozwoju elektrowni parowych, głównie w dziedzinach: wysokich parametrów pary, wielkości jednostek kotłowych i turbinowych, wysokich napięć dla generatorów oraz linii przesyłowych. Wobec wzrostu ceny węgla jednostki wysokoprężne stały się ekonomicznie uzasadnione. Wobec wzrostu ceny maszyn zwrócono specjalną uwagę na wielkość instalowanych jednostek. Budowa siłowni na terenach pozbawionych rzek wpłynęła na szersze stosowanie chłodni kominowych. Budowa kotłów pyłowych zmusiła do zajęcia się zagadnieniem zapylania terenów okolicznych.

Последние успехи техники английских электростанций. В течение последнего десятилетия в Великобритании достигнуты успехи в развитии паровых электростанций главным образом в области высших параметров пара, более мощных котлов и турбин, более высоких напряжений как генераторов, так и линий передачи. В виду повышения цен на уголь применение установок высокого давления является экономически обоснованным. В виду роста цен машин обращено внимание на мощность машинных аггрегатов. Постройка электростанций в районах, лишенных рек, повлекла за собой более широкое применение башенных градирен. Применение котлов для пылевидного топлива заставило заняться вопросами защиты окрестных местностей от загрязнения пылью.

Latest Developments in Electrical Plant Practice in Great Britain. In the course of the past ten years, important progress has been made in Great Britain in the development of thermal electric power plants, particularly in respect of high steam parameters, size of boiler and turbine units, high generator and transmission line voltages. As a result of the increase in the cost of coal, high pressure units have proved economically justified. Due to the increase in the cost of plant, particular attention has been pa d to the size of the units installed. The erection of power plants in areas devoid of rivers has influenced a wider use of cooling towers. The construction of boilers for pulverized fuel has caused the necessity for investigating the problem of dust pollution of surrounding areas.

1. Charakterystyka terenu angielskiego.

Energetyka brytyjska charakteryzuje się poważnym wzrostem ogólnokrajowej mocy szczytowej, która w okresie 1938—1945 powiększyła się blisko o 33%, osiągając 9000 MW.

Energia oddana do sieci wzrosła o 60%, wpływając na polepszenie współczynnika wyzyskania $\left(\frac{\text{średnie obciąż.}}{\text{moc zainstal.}}\right)$ z 36,8% na 43,8%. W rozpatrywanym okresie — średnia sprawność ogólna elektrowni nie uległa jednak poprawie. Decydujący wpływ miało tutaj obniżenie się wartości opałowej spalanego węgla prawie o 7% oraz utrzymywanie w ruchu (wobec ogólnego braku mocy w W. Brytanii) stosunkowo dużego procentu zakładów już przestarzałych. Mimo to kilka elektrowni osiągnęło bardzo duże sprawności, np.:

„Battersea" (chłodzenie rzeczne) η_o = 28,82%
„Dunston" („ „) η_o = 27,85%
„Hams Hall" B (chłodnie kominowe) η_o = 27,30%

Tablica I. Podział węgla spalonego w W. Brytanii według typu paleniska

Rok	Ilość węgla spalonego w paleniskach pyłowych		Ilość węgla spalonego w paleniskach rusztowych	
1938	2,2 · 10^6 ton	14,6 %	12,9 · 10^6 ton	85,4 %
1945	4,5 · 10^6 ton	19,7 %	18,4 · 10^6 ton	80,3 %

W stosunku do poziomu z 1938 r. cena węgla wzrosła obecnie (tzn. na przełomie 1948-1949 roku) o 114%, a koszt urządzeń — o 87,5%. Przeciętny koszt 1 kW mocy zainstalowanej wynosi obecnie ok. 40 funtów ang.

Tablice I i II podają podział spalonego węgla na paleniska pyłowe i rusztowe w latach 1938 i 1945 oraz plany British Electricity Authority (odpowiednik naszego C.Z.E.).

Tablica II. Podział obecnie budowanych kotłów (1948 — 1952) według typu paleniska

Typ paleniska	Wydajność kotłów	
1. Rusztowe (łańcuchowe i podsuwowe)	9 000 t/h	27,3 %
2. Rozrzutowe	1 900 t/h	5,7 %
3. Pyłowe	22 100 t/h	67,0 %
Ogółem	33 000 t/h	100,0 %

na okres lat pięciu (1948—1952) dla obecnie budowanych siłowni.

W tabl. III zobrazowano istniejące tendencje co do wyboru parametrów pary dla obecnie budowanych elektrowni (1948—1952 r.). Tablica ta wykazuje, że na terenie Wielkiej Brytanii za normalne parametry pary przyjęto p = 42 atn i t = 455° C.

Rys. 1 ilustruje zmniejszenie zużycia ciepła dla różnych parametrów pary dolotowej przy stałej próżni w skraplaczu turbiny (95,5%).

Zarówno w Wielkiej Brytanii, jak i w Stanach Zjednoczonych zagadnienie zbiorników pyłu węglowego zostało praktycznie rozwiązane i paleniska pyłowe dominują przy jednostkach kotłowych o wydajności ponad 113 t/h. Po-

Tablica III. Podział obecnie budowanych kotłów (1948 — 1952) według ciśnienia

Ciśnienie w kotle	Moc kotłów	
21 — 28 atn	453 MW	7,6 %
42 atn	2 959 MW	49,7 %
63 atn	2 225 MW	37,5 %
83 atn	305 MW	5,2 %
Ogółem	5 942 MW	100,0 %

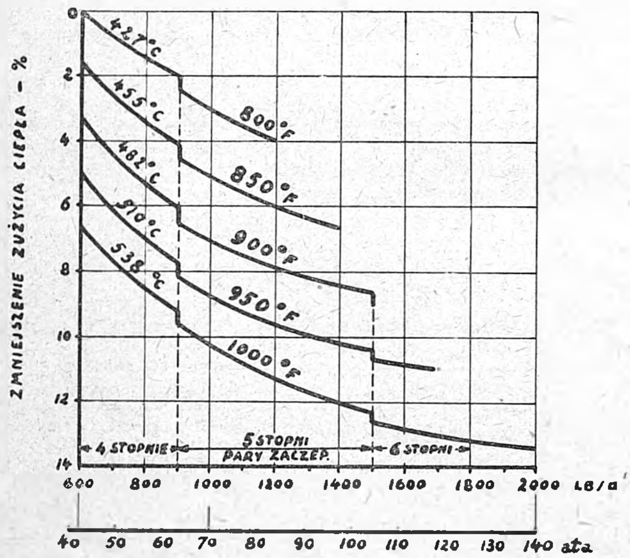
niżej tej granicznej wielkości na terenie Wielkiej Brytanii paleniska rusztowe są bardziej rozpowszechnione. Interesujący będzie dalszy rozwój wprowadzonego ostatnio w praktyce elektrownianej paleniska rozrzutowego, stanowiącego typ pośredni.

Ogólnie biorąc, jednostki kotłowe na terenie angielskim — nie przekraczają wydajności 226 t/h, natomiast w Stanach Zjednoczonych istnieją kotły nawet o wydajności 453 t/h.

Od 1938 r. do chwili obecnej nie zbudowano na terenie Anglii nowych instalacji czołowych, które są usprawiedliwione tylko w specjalnych wypadkach i to przy współczynniku wyzyskania ok. 60%.

Technika budowy chłodni kominowych osiągnęła w Wielkiej Brytanii wysoki poziom. Miejscowe względy ekonomiczne nakazują projektować chłodnie na próżnię 95,5% przy temperaturze otoczenia 15,5° C i wilgotności powietrza 80%. Osiągnięcie istotnych zysków finansowych przez projektowanie turbin na próżnię w skraplaczu wyższą od 97%, nawet w wypadku chłodzenia rzecznego, jest raczej wątpliwe ze względu na wilgotność pary w niskoprężnych kołach łopatkowych.

Turbogeneratory o mocy 50 i 60 MW (3000 obr./min.) są obecnie w Anglii zjawiskiem codziennym. Przy współczynniku wyzyskania ponad 40% chłodzenie wodorowe



Rys. 1. Zmniejszenie zużycia ciepła przy wzroście parametrów pary dolotowej

jednostek tej wielkości jest ekonomicznie całkowicie uzasadnione.

Przy cenie węgla 2,75 funt. ang. za tonę (stawka obecna) i przy współczynniku wyzyskania ponad 40% najodpowiedniejszymi parametrami pary są 63 atn i 482° C. Przy stosowaniu wyższych ciśnień i temperatur konieczny jest wyższy współczynnik wyzyskania, aby usprawiedliwić większe koszty instalacyjne.

Średnia sprawność ogólna wszystkich elektrowni zawodowych na terenie Wielkiej Brytanii wyniosła w 1947 roku ok. 21%.

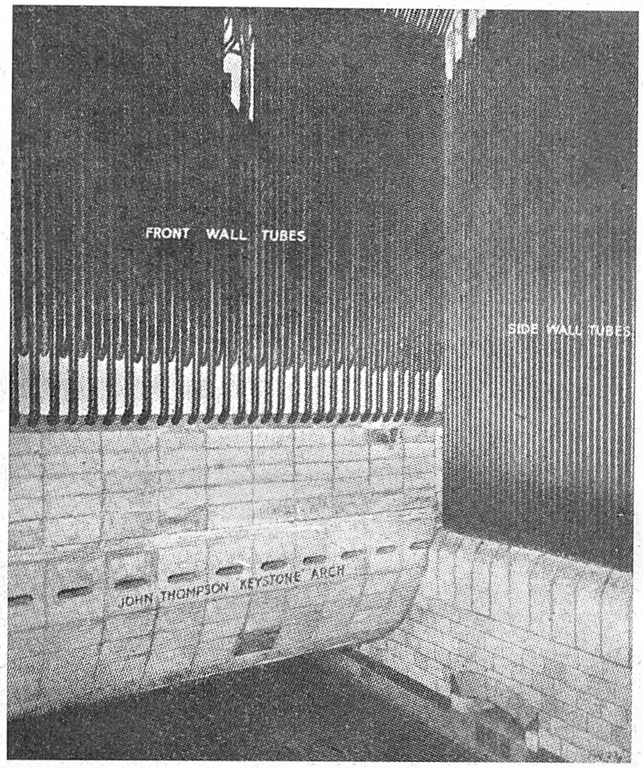
Dane eksploatacyjne elektrowni zawodowych w 1945 r. charakteryzują się następującymi cyframi:

przeciętny koszt produkcji energii elektrycznej 1,88 funt. ang. na 1 MWh oddaną do sieci;

najniższy koszt produkcji energii elektrycznej 1,05 funt. ang. na 1 MWh oddaną do sieci;

koszt węgla w granicach 0,7—2,5 funt. ang./t;

wartość opałowa węgla w granicach 5 100—7 340 kcal/kg;

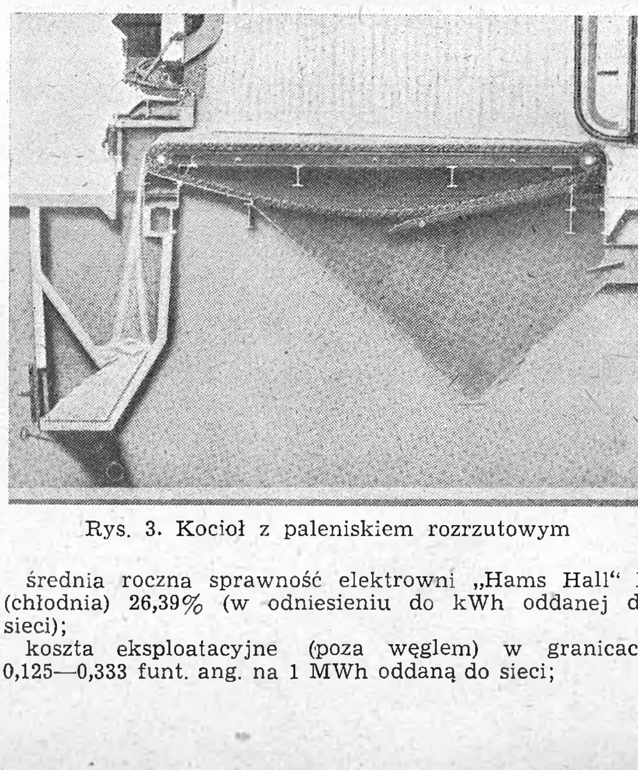


Rys. 2. Wnętrze ekranowanej komory paleniskowej (kocioł rusztowy)

średni roczny współczynnik wyzyskania ok. 45%;

najwyższy roczny współczynnik wyzyskania ok. 83,28%;

średnia roczna sprawność elektrowni „Battersea" (rzeka) 26,82%;



Rys. 3. Kocioł z paleniskiem rozrzutowym

średnia roczna sprawność elektrowni „Hams Hall" B (chłodnia) 26,39% (w odniesieniu do kWh oddanej do sieci);

koszta eksploatacyjne (poza węglem) w granicach 0,125—0,333 funt. ang. na 1 MWh oddaną do sieci;

ogólna liczba ludzi przy obsłudze i utrzymaniu elektrowni w granicach 1,3—3,3 osób na 1 MW mocy szczytowej.

2. Kotły parowe.

Teren angielski cechuje stosunkowo duża sprawność kotłów, osiągana dzięki prawidłowemu procesowi spalania węgla oraz niskiej stracie kominowej.

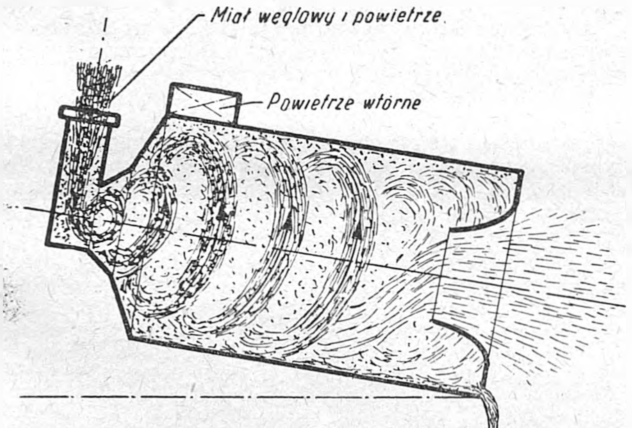
a) P a r a m e t r y p a r y. Stosowanie pary wysokoprężnej w połączeniu z wielkimi jednostkami turbinowymi ułatwiło wprowadzenie wielokrotnego podgrzewania wody zasilającej parą zaczepową. Dalszym wynikiem powyższego układu była konieczność instalowania podgrzewaczy powietrza, obniżenia zatem temperatury gazów wylotowych do 120° C, oraz liczenia się z możliwością korozji lub szybkiego zanieczyszczania podgrzewaczy powietrza.

Środkiem zaradczym było wprowadzenie części powietrza w obieg zamknięty dla podniesienia temperatury podgrzewacza. W Stanach Zjednoczonych temperatura gazów wylotowych przekracza zazwyczaj 150° C, co silnie wpłynęło na popularność podgrzewaczy systemu Ljungströma.

Wzrost ciśnienia pary wiąże się z jednoczesnym wzrostem temperatury dla utrzymania wilgotności pary wylotowej w granicach dopuszczalnych. Wysokie temperatury powierzchni rur kotłowych sprzyjają tworzeniu się osadów żużlowych. Produkcja pary o wyższym przegrzaniu wymaga wysokiej temperatury gazów spalinowych, co można osiągnąć przez prawidłowy przebieg procesu spalania.

b) W i e l k o ś ć k o t ł ó w. Przed wojną wydajność jednostek kotłowych rzadko przekraczała 90 t/h, natomiast obecnie istnieją tendencje instalowania kotłów o dużych wydajnościach. Ogólne jednak doświadczenie dowodzi, że kotły o dużej mocy stwarzają poważne trudności ruchowe. Utrzymanie w czystości powierzchni ogrzewalnych wielkich jednostek kotłowych i związane z tym skuteczne rozmieszczenie zdmuchiwaczy sadzy jest zagadnieniem ważnym. Praktyka ruchowa wykazała, że kotły rusztowe są bardziej czułe na zwiększenie oporów przepływu spalin niż kotły pyłowe, zwłaszcza przy osadach tworzących się w obszarze niskich temperatur.

c) P a l e n i s k a r u s z t o w e. Od chwili zastosowania rusztów wędrownych do kotłów parowych najpoważniejszy postęp łączy się z wprowadzeniem instalacji powietrza wtórnego o ciśnieniu dostatecznie wysokim (300—400 mm



Rys. 4. Palenisko cyklonowe

sł. wody), aby zakończyć całkowicie proces spalania gazów — poniżej pierwszych rzędów opłomek. Doświadczenie zdobyte podczas ostatniej wojny z pracy palenisk bezsklepieniowych (rys. 2) dowiodło, że typ ten jest bardzo praktyczny i pozwala na ekonomiczne spalanie rozmaitych gatunków węgla.

Kotły z rusztami podsuwowymi coraz bardziej wychodzą z użycia i w przyszłości paleniska tego typu nie będą już stosowane w Wielkiej Brytanii.

Zupełnie nowym pomysłem w technice palenisk rusztowych jest palenisko rozrzutowe (rys. 3). Zasada działania polega na odgórnym zarzucaniu węgla do paleniska za pomocą specjalnych mechanizmów. Drobne cząsteczki miału węglowego spalają się w zawieszeniu, a większe spadają na ruszt, który porusza się w kierunku przeciwnym, niż normalnie (od tyłu ku przodowi kotła). Cechą charakterystyczną tego procesu spalania jest cienka warstwa węgla na ruszcie, dzięki czemu unika się sublimacji metalicznych składników popiołu, co wpływa na wydatne zmniejszenie ilości osadów żużlowych w obszarach wysokich temperatur. Ogólnie biorąc paleniska rozrzutowe stanowią istotny krok naprzód w technice kotłowej.

d) P a l e n i s k a n a p ł y n n y ż u ż e l. Na terenie Wielkiej Brytanii większość palenisk pyłowych posiada otwarty wlot do popielnika, a więc suche odprowadzanie popiołu. Kotły z paleniskiem na płynny żużel są dopiero w próbach. Najważniejszym czynnikiem, od którego zależy prawidłowa praca tego typu paleniska, jest stała temperatura topliwości popiołu, a więc niezmienny gatunek spalanego węgla. Narazie trudno jeszcze na podstawie praktyki z terenu W. Brytanii orzec, czy ten typ paleniska jest korzystny z punktu widzenia pewności ruchu.

W Stanach Zjednoczonych w dziedzinie palenisk na płynny żużel mamy do zanotowania ostatnio poważne osiągnięcie. Mianowicie tzw. palnik cyklonowy pozwala na spalanie surowego miału węglowego z pominięciem młynów. Pierwsze palenisko cyklonowe zostało zainstalowane w elektrowni Calumet w 1944 r. w kotle o wydajności ok. 70 t/h. Wymiary komory paleniskowej wynoszą: średnica ok. 2,5 m, długość ok. 3,5 m (rys. 4).

Spalany węgiel jest miałem 0—5 mm ze stanu Illinois o dużej zawartości części lotnych (ok. 38%) i niskiej temperaturze topliwości popiołu. Efektywny czas pracy tego kotła w okresie 1944—1948 wyniósł 76%, przy 48 przerwach w ruchu. Dalsze badania i ulepszenia prowadzone są bez przerwy. W zestawieniu z jednostką kotłową, wyposażoną w dawne urządzenia na pył węglowy, kocioł z paleniskiem cyklonowym daje zmniejszenie powierzchni zajętej przez jednostkę o 25%, zmniejszenie kosztu budynku kotłowni i oszczędność na kapitale zakładowym wynosząca 1,5 funta ang./kW.

Palenisko cyklonowe jest typowym paleniskiem na płynny żużel, którego ilość wynosi 90% całkowitej zawartości popiołu w węglu. Reszta tj. 10% osadza się w specjalnym zbiorniku jako lotny popiół.

e) P r o j e k t o w a n i e k o t ł ó w. Jednym z praktycznych sposobów walki z zażużlaniem powierzchni ogrzewalnych jest szerokie rozstawienie rur kotłowych w zakresie wysokich temperatur spalin. Jest to specjalnie ważne w zastosowaniu do przegrzewaczy, gdy żądana temperatura pary przegrzanej wymaga wysokiej temperatury spalin i gdy paliwo — ze względu na charakterystykę żużla — jest skłonne do wywołania tego rodzaju trudności ruchowych. Szersze rozstawienie ograniczamy zazwyczaj tylko do kilku pierwszych rzędów rur. Jedną z głównych cech nowoczesnych projektów kotłów są obszerne kanały przepływowe spalin w tych częściach kotła, gdzie zazwyczaj występują nadmierne osady żużlowe. Sprawa ta zapewne znacznie silniej niż inne względy wpłynęła na nowoczesne rozwiązania jednostek kotłowych. Rozwój techniki spawalniczej przyczynił się poważnie do praktycznego zastosowania pary wysokoprężnej.

Do niedawna dla kotłów o ciśnieniach ponad 35 atn stosowano wyłącznie walczaki walcowane z jednego kawała stali. Obecnie nawet w zakresie najwyższych ciśnień spawa się większość walczaków, a rury kotłowe spawa się metodą stykową. W Wielkiej Brytanii stosuje się jednak nadal zawalcowywanie rur kotłowych w dnach walczaków w odróżnieniu od praktyki kontynentalnej, gdzie spotyka się często spawanie.

Ostatnio w Wielkiej Brytanii zostały zainstalowane kotły z przymusowym obiegiem wodnym o ciśnieniu roboczym 106 atn i wydajności 160 t/h. Mimo to olbrzymia większość nowoczesnych elektrowni posiada kotły z obiegiem naturalnym nawet w zakresie najwyższych ciśnień. Obawy, że naturalny obieg wodny przy wysokich ciśnieniach będzie niewystarczający, okazały się w praktyce nieuzasadnione. Dlatego też nie należy się liczyć z ewolucją w kierunku kotłów z obiegiem przymusowym, aczkolwiek w pewnych okolicznościach ten ostatni typ może być w pełni usprawiedliwiony. Wzrost zastosowania regeneratywnego podgrzewania wody zasilającej w związku z wysokimi parametrami pary dolotowej stwarza trud-

ności pracy rusztów wędrownych, gdyż temperatura powietrza podwiewowego przekracza czasami 180° C.

W założeniu, że temperatura powietrza podwiewowego nie powinna przekraczać 160° C, można przyjąć, że ciśnienie 63 atn jest graniczne dla palenisk rusztowych, tym bardziej, że paleniska pyłowe nie stawiają żadnych podobnych warunków. W tym ostatnim wypadku zaleca się stosowanie powietrza o temperaturze 200—300° C przy spalaniu węgla o dużej wilgotności. Praktyczna realizacja poprzedniego warunku spowodowała rozbicie na części podgrzewaczy wody i powietrza i umieszczenie ich naprzemian w kanale spalinowym:

1) pierwsza część podgrzewacza wody (parująca),

2) pierwsza część podgrzewacza powietrza (obszar wysokich temperatur),

3) druga część podgrzewacza wody (wstępne podgrzanie od temperatury wody zasilającej do stanu nasycenia),

4) druga część podgrzewacza powietrza (obszar niskich temperatur).

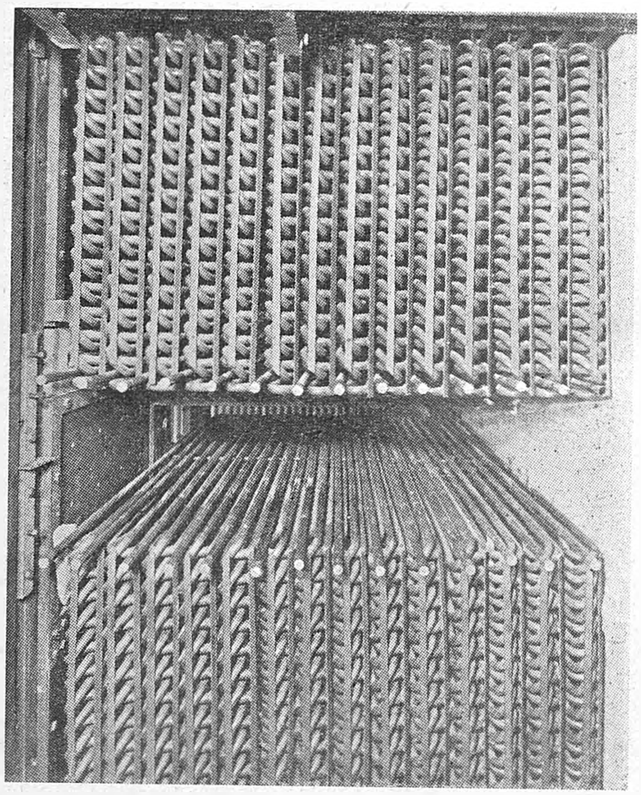
Firmy angielskie stosują prawie wyłącznie typy konwekcyjne przegrzewaczy pary, nawet dla najwyższych temperatur, gdyż doświadczenia ruchowe nie zachęciły do stosowania przegrzewaczy opromieniowanych, umieszczonych w samym palenisku.

Typ przegrzewacza wiszącego stopniowo ustępuje miejsca przegrzewaczowi leżącemu. Ten ostatni, umożliwiając odwadnianie podczas rozpalania kotłów, wykazuje cechy dodatnie znacznie przewyższające konstrukcyjne zalety przegrzewacza wiszącego.

Materiały używane w Wielkiej Brytanii na rury przegrzewacza dla różnych temperatur:

poniżej 450° C — stal węglista,
450°—510° C — stal węglowo-molibdenowa,
ponad 510° C — stal chromowa.

Stosowanie wysoko przegrzanej pary wymaga utrzymania stałej temperatury w szerokich granicach zmian



Rys. 5. Wężownice podgrzewacza wody i ich zawieszenie

obciążenia kotła. Doświadczenie z okresu ostatniej wojny dowiodło, że zmiana gatunku węgla może mieć poważny wpływ na temperaturę pary, nawet przy stałej wydajności kotła, na skutek zmian w przebiegu procesu spalania. Dlatego też, niezależnie od normalnych urządzeń do regulacji przegrzania pary przy zmiennym obciążeniu kotła, wprowadzono — szczególnie w zakresie wysokich temperatur — urządzenia zabezpieczające przed przekroczeniem górnej granicy przegrzania pary.

Zabezpieczenia takie polegają:

1) na kierowaniu części strumienia spalin z ominięciem przegrzewacza (sterowane przekaźnikiem cieplnym),

2) na natryskowym chłodzeniu pary przegrzanej, względnie na zastosowaniu łącznym obu wymienionych sposobów.

Ważną cechą charakterystyczną nowoczesnych kotłów jest powszechne stosowanie parującego podgrzewacza wody. W praktyce taki podgrzewacz bardzo skutecznie zastępuje powierzchnię ogrzewalną kotła właściwego, gdyż w tym rozwiązaniu mamy możliwość przekazania większych ilości ciepła (rys. 5).

Na terenie Wielkiej Brytanii są obecnie w budowie tylko dwa kotły pyłowe o dużej wydajności ok. 230 t/h. W Stanach Zjednoczonych natomiast z ogólnej liczby 50 dużych jednostek kotłowych mamy:

liczba kotłów (szt.)	wydajność kotła (t/h)
2	> 450
13	$230 \div 390$
8	$160 \div 230$
27	< 160

f) W t ó r n y p r z e g r z e w p a r y. Ze względu na niewątpliwe korzyści cieplne wtórnego przegrzewu pary istnieje tendencja coraz szerszego stosowania go w praktyce. Dwie wielkie siłownie budowane obecnie w Wielkiej Brytanii — Littlebrook „B" i Dunston „B" — przedstawiają pewien postęp w tej dziedzinie, stosując parę przegrzaną i wtórnie przegrzaną o temperaturze 445° C. W Stanach Zjednoczonych elektrownie Port Washington i Twin Branch stanowią typowy przykład stosowania obiegu z wtórnym przegrzewem pary. Warto jednak zanotować, że obecna rozbudowa elektrowni Twin Branch przewiduje prosty obieg kondensacyjny.

Ogólnie biorąc w Ameryce istnieje wyraźna tendencja w kierunku stosowania ciśnienia ok. 67 atn i temperatury 480 do 510° C. Na terenie Wielkiej Brytanii uzyskano poważne doświadczenia ruchowe z parą o temperaturze 480 do 515° C i w związku z postępem metalurgii można myśleć o praktycznym przekroczeniu tych temperatur wraz ze zwiększeniem ciśnienia do 70—80 atn.

g) Z d m u c h i w a c z e p o p i o ł u. Parowe zdmuchiwacze popiołu są nadal na terenie Wielkiej Brytanii głównym narzędziem walki z narostami żużlowymi. Liczne siłownie stosują ponadto ręczne lub automatycznie działające „lance" wodne.

Uzyskano znaczny postęp przez racjonalne rozmieszczenie zdmuchiwaczy popiołu i przez zastosowanie napędu zdalnego, często pracującego samoczynnie. Zdmuchiwacze popiołu w tym ostatnim wykonaniu stają się coraz powszechniejszym wyposażeniem elektrowni angielskich. Amerykańskie osiągnięcia w budowie zdmuchiwaczy wciąż wyprzedzają jednak konstrukcje angielskie. Nowy typ zdmuchiwacza teleskopowego daje poważne korzyści ruchowe, gdyż sięga głęboko do wnętrza kanałów spalinowych lub komory paleniskowej.

h) A u t o m a t y z a c j a k o t ł o w n i. Stosowanie samoczynnego prowadzenia kotłowni wzrosło wyraźnie w ostatnim dziesięcioleciu i wiele elektrowni angielskich jest wyposażonych w taką instalację. Podstawowy koszt automatyzacji jest stosunkowo niewielki, gdyż wynosi ok. 0,2% kosztu jednostki kotłowej. Wydaje się jednak wątpliwe, czy pełna automatyzacja daje poważniejsze korzyści w zestawieniu z fachową obsługą, mającą do dyspozycji częściową automatyzację, np. regulację ciągu i podmuchu, zdalny napęd urządzeń pomocniczych itd. Automatyka angielska opiera się głównie na systemie regulacji Ward-Leonarda.

i) C z y s t o ś ć p a r y. Przy projektowaniu nowoczesnych jednostek kotłowych zwrócono specjalną uwagę na czystość otrzymywanej pary. Zagadnienie to jest ważne ze względu na przedłużenie czasu pracy przegrzewaczy oraz na uniknięcie osadów na łopatkach turbin. Typowymi sposobami, które zresztą nie uległy poważniejszej zmianie już od wielu lat, są siatki w walczakach głównych oraz dodatkowe walczaki parowe. Zwrócono też uwagę na stateczność poziomu wody w walczaku i odpowiednie rozmieszczenie rur odprowadzających parę nasyconą.

j) P r z y r z ą d z a n i e w o d y z a s i l a j ą c e j. W normalnym ruchu siłowni angielskich ilość wody dodatkowej

(na pokrycie strat obiegu) wynosi ok. 2% i przeważnie stosuje się proste odparowanie wody uprzednio zmiękczonej metodą wapno-soda lub też metodą permutytową. Przyrządzanie wody zasilającej ma na celu zabezpieczenie kotłów od kamienia oraz niedopuszczenie do korozji rurociągów zasilających i kotła właściwego.

Podstawowe odgazowanie kondensatu w skraplaczu turbiny i mechaniczne odgazowanie wody dodatkowej wystarczają zazwyczaj przy ciśnieniach niższych. Dla ciśnień wyższych proces ten jest ulepszany przez tzw. chemiczne odgazowanie tj. związanie pozostałych śladów tlenu dozowaniem soli o dużym powinowactwie chemicznym do tlenu np. siarczanu sodowego (Na_2SO_3). W praktyce ruchowej siłowni wprowadzono powszechnie stałą kontrolę wartości p_H.

Tablica IV. Zestawienie porównawcze wyników pracy odpylaczy cyklonowych

Kocioł	Kocioł rusztowy	Kocioł pyłowy
Znamionowa wydajność kotła	113 t/h	113 t/h
Wydajność kotła podczas pomiaru	110 „	116 „
Objętość gazów wchodzących do odpylacza	3460 m³/min	3880 m³/min
Temperatura gazów wchodzących do odpylacza	155 °C	218 °C
Ilość popiołu w spalonym węglu	10,0 %	14,6 %
Całkowita ilość uzyskanego popiołu	1400 kg/h	2260 kg/h
Ilość popiołu lotnego w gazach wchodzących do odpylacza	152 „	1445 „
Ilość popiołu lotnego w % całkowitej ilości popiołu	10,8 %	64,0 %
Średnia ilość popiołu lotnego w gazach wchodzących do odpylacza	0,74 g/m³	6,20 g/m³
Średnia ilość popiołu lotnego w gazach opuszczających odpylacz	0,19 „	4,37 „
Sprawność odpylania	74,4 %	29,5 %

Na ogół woda zasilająca ma odczyn obojętny, a wzrost temperatury w obiegu zasilającym powoduje odpowiedni wzrost koncentracji jonów wodorowych (odczyn kwaśny). Poprawę liczby p_H uzyskujemy przez dozowanie alkalii (lub części odmulin z kotłów) do wody zasilającej. Odgazowana woda zasilająca może jednak być zanieczyszczona przeciekami z kondensatorów i w tym wypadku zawiera niewielkie ilości soli, tworzących kamień kotłowy. Kocioł należy zabezpieczyć przed ewentualnym kamieniem i raczej zgodzić się na szlam, odprowadzany z błotnika. Składnikiem, który nie ulega rozkładowi przy stosowanych obecnie temperaturach (soda rozkłada się bardzo szybko) jest fosforan trójsodowy (Na_3PO_4). Dozowanie Na_3PO_4 i Na_2SO_3 jako zabieg korekcyjny jest powszechnie stosowane w elektrowniach brytyjskich. Zwrócono przy tym baczną uwagę na koncentrację soli w wodzie kotłowej, która winna zawierać się w granicach zależnych od typu jednostki kotłowej, aby nie dopuścić do tzw. plucia kotła. W pewnych warunkach okazało się racjonalnym stosowanie soli potasowych w miejsce normalnie używanych soli sodowych.

3. Odpylanie.

Na terenie Wielkiej Brytanii ustalono, że celem zmniejszenia zapylenia okolicy przez siłownie należy stosować odpowiednie typy odpylaczy i że kominy muszą być co najmniej 2,5 razy wyższe od poziomu dachu elektrowni lub też przyległych budynków. W ten sposób unika się wprowadzenia pyłu do atmosfery, pozostającej w stanie względnego spoczynku, a więc intensywnego zapylenia bliskiej okolicy. W okolicach górzystych lub falistych należy często budować kominy wyższe, niż podano powyżej, gdyż otaczające wzgórza mogą wywoływać opadające prądy powietrzne, co znów sprzyja nadmiernemu zapyleniu okolicy.

Dawno już ustalono, że kotły pyłowe nawet przy wysokich kominach wymagają instalacji odpylaczy, gdyż w przeciwnym razie ok. 70% popiołu z paliwa dostaje się do atmosfery, przy tym zawartość pyłu w gazach opuszczających komin sięga 6—8 gr/m³ (w założeniu 15% zawartości popiołu w węglu).

Doświadczenie ostatnich dwudziestu lat dowiodło jednak, że nowoczesny kocioł rusztowy może wyrzucać przez komin ilość pyłu, odpowiadającą ok 35% zawartości popiołu w węglu, powodując również poważne zapylenie okolicy. Wobec powyższego odpylacze i wysokie kominy stały się warunkiem koniecznym. Powyższe cyfry są podstawą dla porównania kotłów pyłowych, jednak w wypadku kotłów rusztowych obraz ulega zmianie. Silny ciąg porywa często cząsteczki niespalonego koksu i wartość opałowa pyłu z kominów przekracza czasami 3000 kcal/kg.

Następujące czynniki warunkują ilość i rodzaj pyłu w gazach spalinowych:

1) typ budowy i natężenie komory paleniskowej,
2) rozwiązanie konstrukcyjne kanałów spalinowych,
3) ilość i skład popiołu zawartego w paliwie,
4) przebieg procesu spalania i wielkość cząsteczek paliwa.

Popiół lotny otrzymywany z kotłów pyłowych ma strukturę bardzo drobno-ziarnistą:

%	wielkość cząsteczek (μ)
80—90	≦ 63
75—80	≦ 25

Składa się on przeważnie z bardzo drobnych cząsteczek kulistych lub kształtu zbliżonego, które są łatwo unoszone prądami gazów spalinowych.

Tablica V. Wyniki pomiarów ilości i wielkości cząsteczek popiołu lotnego

Wymiar cząsteczek (μ)	Kocioł rusztowy				Kocioł pyłowy			
	Ilość popiołu (kg/h)		Ilość popiołu (% całk. ilości)		Ilość popiołu (kg/h)		Ilość popiołu (% całk. ilości)	
	przed odpylaczem	za odpylaczem	przed odpylaczem	za odpylaczem	przed odpylaczem	za odpylaczem	przed odpylaczem	za odpylaczem
≧ 150	50,5	1.4	33,4	2,67	56	7	3,86	0,72
102 — 150	22,0	1,8	14,5	4,76	70	6	4,86	0,62
75 — 102	17.5	3 0	11,6	8,01	80	11	5,58	1,12
60 — 75	11,5	2,8	7,5	7,20	71	22	4.89	2 24
20 — 60	33.0	15,3	21,7	39,37	482	300	33,35	29.70
≦ 20	17,5	14,7	11,3	37,99	686	664	47,46	65,60
Razem	152,0	39,0	100,0	100,00	1445	1010	100,00	100,00

Natomiast popiół lotny z kotłów rusztowych jest znacznie grubszy:

%	wielkość cząsteczek (μ)
30—40	≦ 63
10—25	≦ 25

Posiada on cechy charakterystyczne cząsteczek koksu (zwany często koksikiem) — krawędzie ostre i stwarza poważne trudności w okręgach przemysłowych (narzędzia precyzyjne) oraz w okręgach mieszkalnych.

Tabl. IV przedstawia rezultaty pomiarów, przeprowadzonych ostatnio na dwu kotłach o tej samej wydajności:

rusztowym i pyłowym. Badane kotły były wyposażone w cyklonowe odpylacze tego samego typu.

Tablica V przedstawia wyniki pomiarów wyraźnie charakteryzujące pracę odpylacza cyklonowego w dwóch wypadkach: kocioł rusztowy i kocioł pyłowy oraz jego rzeczywistą sprawność.

Wypada podkreślić, że przy kotle rusztowym, gdzie sprawność odpylenia wyniosła 74,4%, zawartość popiołu lotnego w gazach spalinowych uchodzących do atmosfery była stosunkowo niska (poniżej 0,2 g/m³). Należy jednak dążyć, aby w powyższych warunkach sprawność odpylenia wynosiła co najmniej 88%, co odpowiada zawartości popiołu lotnego $\leq$ 0,1 g/m³.

W wypadku kotła pyłowego sprawność odpylacza wyniosła tylko ok. 30%, a zawartość popiołu lotnego w gazach spalinowych, uchodzących do atmosfery, była ok. 4,4 g/m³. Przy sprawności odpylacza ok. 95% można obniżyć ilość popiołu lotnego do 0,3 g/m³, lecz cząsteczki te ze względu na ich małe wymiary ulegają szerokiemu rozrzutowi.

Tabl. VI podaje szybkość spadania kulistych cząsteczek krzemianowych (ciężar właściwy $\simeq$ 2,0) w spokojnym powietrzu przy temperaturze 15,5° C. Podano tam również

Tablica VI. Zasięg rozrzutu lotnego popiołu

Średnica cząsteczek (μ)	Szybkość spadania (cm/s)	Przebyta odległość (km)
10	0,50	68,0
20	2,42	17,0
30	5,44	7,5
40	9,68	4,2
50	15,20	2,6
60	21,80	1,9

odległości, które mogą przebyć wspomniane wyżej cząsteczki, zanim spadną na powierzchnię ziemi; założono przy tym, że wysokość komina wynosi 91,5 m, oraz że szybkość wiatru dochodzi do 16 km/h. Z tablicy widać, że cząsteczki o średnicy $\leq$ 20 μ ulegają obszernemu rozrzutowi i szkodliwe ich działanie daje się odczuć w dość dużym promieniu.

Instalacje do odpylania gazów kominowych są normalnym wyposażeniem elektrowni brytyjskich. Stosowane są znane dwa typy odpylaczy: systemy mokre i systemy suche.

Systemy mokre. Metody mokrego płukania gazów spalinowych są stosunkowo tanie tak w instalacji, jak i w eksploatacji, o ile elektrownia dysponuje odpowiednią wodą tj. nie wymagającą kosztownego preparowania i filtrowania.

Systemy te, pomimo dobrej sprawności odpylania, posiadają jednak następujące wady:

a) temperatura gazów spalinowych uchodzących z komina jest stosunkowo niska (50—60° C) i efekt pracy komina (ciąg) jest, praktycznie biorąc, całkowicie stracony;

b) gazy spalinowe są nasycone, a często nawet przesycone parą wodną; w rezultacie okolica cierpi wskutek osadzania się kwaśnych wilgotnych cząsteczek (jeżeli nie zastosowano specjalnych środków zaradczych);

c) ewentualność korozji kanałów spalinowych i komina przez wilgotne gazy;

d) poważne ilości wody dla instalacji przemywającej;

e) często występująca konieczność chemicznego preparowania i filtrowania wody z odpylaczy, przed spuszczeniem jej do rzeki (względy zdrowotne ludności);

f) duże tereny potrzebne na osadniki i zbiorniki wodne;

g) umieszczenie wentylatorów ciągowych w obszarach gazu suchego celem uniknięcia korozji pociąga za sobą narażanie wirników na erozję popiołową wskutek pracy w atmosferze gazów zanieczyszczonych.

Systemy suche. Przechodząc do rozpatrzenia tzw. systemów suchych, zestawimy ich zalety i wady:

a) Odpylacze cyklonowe:

1) gazy spalinowe nienasycone parą wodną,
2) duża strata ciągu, jeśli wymagamy dużej sprawności odpylenia (ok. 95%),
3) sprawność odpylenia spada wraz ze zmniejszeniem szybkości gazów spalinowych,
4) stosunkowo mała przestrzeń zajmowana,
5) nieznaczne straty cieplne przy dobrze zaprojektowanych cyklonach i kanałach doprowadzających,
6) stosunkowo duże zużycie mocy ze względu na dużą stratę ciągu,
7) niskie koszta utrzymania,
8) lotny popiół zbierany w stanie suchym,
9) cyklony mogą być umieszczone po stronie ssącej wentylatorów ciągu, co chroni wirniki przed erozją.

b) Odpylacze elektrostatyczne:

1) gazy spalinowe nienasycone parą wodną,
2) mała strata ciągu, dzięki małej szybkości gazów w komorze odpylacza,
3) sprawność odpylenia wzrasta przy zmniejszeniu prędkości gazów spalinowych,
4) duża przestrzeń zajmowana,
5) nieznaczne straty cieplne,
6) niskie zużycie mocy,
7) wyjątkowo niskie koszta utrzymania,
8) lotny popiół zbierany w stanie suchym,
9) odpylacze elektrostatyczne mogą być umieszczone po stronie ssącej wentylatorów ciągu, co chroni wirniki przed erozją.

W elektrowni „Hams Hall" każdy z kotłów został wyposażony w odpylacze elektrostatyczne. Przy znamionowym obciążeniu kotła ok. 145 t/h i przy zawartości popiołu lotnego w gazach spalinowych przed odpylaczem ok. 9,2 g/m³ zagwarantowano sprawność odpylenia η = 96,5%.

Dotychczas nie przeprowadzono jeszcze dokładnych pomiarów odbiorczych, jednak wyniki ruchowe dowodzą, że gazy opuszczające komin (o wysokości 122 m) zawierają bardzo mało popiołu lotnego i to o bardzo drobnoziarnistej budowie:

99—100% $\leq$ 63 μ
75— 95% $\leq$ 20 μ

Jest rzeczą nieprawdpodobną, aby cząsteczki lotnego popiołu o średnicy powyżej 20 μ mogły opuszczać wylot komina.

Przy obciążeniu znamionowym kotła (ok. 145 t/h) i zawartości CO_2 = 13,5% (za podgrzewaczem powietrza) — strata ciągu w komorze filtracyjnej i w przewodach doprowadzających wynosi zaledwie 13 mm sł. wody.

Omawiane odpylacze są umieszczone po stronie ssącej wentylatorów ciągu, które pracują już z oczyszczonymi gazami.

Przechodząc do odpylaczy cyklonowych warto nadmienić, że ostatnio rozpoczęto stosować tzw. wielokrotne cyklony przy kotłach rusztowych. Cyklony te przy umiarkowanych stratach ciągu dają sprawność odpylania rzędu 90%, a przy stratach ciągu ok. 65 mm sł. w. — rzędu 95%. Dla siłowni położonych w pewnym oddaleniu od okolic mieszkalnych sprawność odpylania 90% jest najzupełniej wystarczająca.

Przy zastosowaniu wielokrotnych cyklonów do kotłów pyłowych osiągamy sprawność 90% przy stracie ciągu ok. 65 mm sł. w., a osiągnięcie sprawności odpylania ok. 95% wiąże się już z bardzo poważną stratą ciągu.

Z powyższego widać, że w wypadku kotła pyłowego należy stosować raczej odpylacze elektrostatyczne. Warto podkreślić, że sprawność odpylaczy elektrostatycznych wzrasta przy zmniejszeniu obciążenia kotła, np. przy obciążeniu 50% znamionowej wydajności kotła uzyskujemy blisko dwukrotne zmniejszenie ilości wyrzuconego do atmosfery pyłu. Tej zalety nie posiadają odpylacze cyklonowe, których sprawność spada ze zmniejszeniem się obciążenia kotła.

Przemywanie gazów kominowych. Dotychczas stosowane systemy mokre miały na celu wyłącznie odpylanie gazów spalinowych, lecz tam, gdzie zachodzi konieczność oczyszczenia gazów z zawartości siarczków i kwasu siarkowego, metoda mokra musi być stosowana nawet w wypadku odpylaczy suchych.

Urządzenia, o których mowa, znajdują się w elektrowniach Battersea i Fulham. Pierwsza z nich posiada instalację o obiegu otwartym, druga zaś — zamkniętym.

Obieg otwarty wymaga znacznych ilości wody pobieranej i zwracanej do rzeki. W tym wypadku konieczne jest chemiczne preparowanie wody zwracanej do rzeki, aby

zaspokoić wymagania londyńskiego urzędu wodnego (Port of London Authority). Obieg zamknięty natomiast nie zwraca wody do rzeki, ale stwarza poważne zadanie dla chemików.

Przy stosowaniu obu omawianych systemów przemywania gazów spalinowych duże ilości oparów uchodzą z kominów i w Battersea zainstalowano ostatnio na jednym z kominów odpylacz elektrostatyczny, celem zmniejszenia ilości oparów.

Warto zanotować, że system z obiegiem zamkniętym, stosowany w elektrowni Fulham, został początkowo naśladowany przez elektrownię Swansea, a następnie — ze względu na trudności ruchowe — zastąpiony odpylaczami elektrostatycznymi.

4. Rurociągi parowe.

Przy wzroście temperatury pary do ok. 485° C wytrzymałość normalnego materiału na rury spada szybko i grubość ścian staje się bardzo duża. Wpływ wysokiej temperatury na połączenia kołnierzowe jest również poważny i skłania w końcu do zupełnego zarzucenia tego typu połączeń. Okoliczności te zadecydowały o rodzaju konstrukcyjnych rozwiązań rurociągów parowych, stosowanych w Wielkiej Brytanii.

a) Materiały na rurociągi. Do 1938 r. normalnie stosowane parametry pary były rzędu 42 atn i 455° C i stal miękka była tu odpowiednim materiałem. W ostatnich latach weszły w powszechne użycie dwa wyższe stopnie: 63 atn i 482° C oraz 84 atn i 510° C. Ze względów metalurgicznych stal miękką można by zastosować dla ciśnień rzędu 63 atn, ale grubości rurociągów (szczególnie dla dużych średnic) wypadają tak duże, że wykluczają elastyczność instalacji.

Dlatego też wprowadzono w użycie stale niskostopowe. Dla ciśnień wyższych (ponad 63 atn) stale te są już koniecznością ze względu na procesy metalurgiczne, zachodzące w stali miękkiej przy temperaturach przekraczających 482° C.

W Wielkiej Brytanii normalnie używana jest 0,5%-wa stal molibdenowa i stal chromo-molibdenowa o składzie typowym:

C	=	0,10 — 0,15%		S	≤	0,045%
Si	=	0,15 — 0,25%		Ni	≤	0,20 %
Mn	=	0,40 — 0,60%		P	≤	0,04 %
Mo	=	0,50 — 0,65%		Cu	≤	0,15 %
Cr	=	0,70 — 0,90%				

Stal ta posiada wytrzymałość na rozciąganie 42,6/53,6 kg/mm² przy wydłużeniu ≥ 25%.

Oddzielnym zagadnieniem są rurociągi zasilające, w których ciśnienie robocze jest wyższe. W tym wypadku użyto stali średnio-węglistej (C ≤ 0,3%) o wytrzymałości na rozciąganie 56,8/66,2 kg/mm².

Materiał używany na kołnierze jest identyczny z materiałem rurociągu.

Sporo czasu poświęcono na opracowanie sposobów obróbki cieplnej rurociągów, w wyniku czego uzyskano metodę, która zachowuje dostateczną ciągliwość i drobnoziarnistość materiału. Rury wykonane ze stali stopowych są podgrzewane do 925° C dla usunięcia wewnętrznych naprężeń, a następnie wolno chłodzone.

Rury ze stali węglistej są podgrzewane do 650° C i po dłuższym pozostawieniu ich w tej temperaturze wolno ochładzane.

b) Naprężenia podczas pracy. Dla zwykłych stali miękkich dopuszczalne naprężenia były racjonalnie wybrane, lecz wzrost parametrów pary zmusił do rewizji dawnych tablic.

Dla rurociągów wody zasilającej, wykonanych ze stali średnio-węglistej, przy normalnie stosowanych temperaturach wody, przyjmuje się 9,5 kg/mm² jako maksymalne dopuszczalne naprężenie. Rurociągi, wykonane ze stali stopowych, przy temperaturze pary rzędu 470—510° C mogą pracować przy naprężeniach podanych w tabl. VII.

Naprężenia te zostały obliczone w założeniu odkształceń mniejszych niż 10^{-7} mm/mm.h, stwierdzone zresztą doświadczalnie przez odnośne instytucje państwowe.

Należy też zwrócić uwagę na zmniejszenie się modułu sprężystości Younga (E) przy wysokich temperaturach. Duże ilości dokonanych badań doświadczalnych wykazały, że moduł Younga zmienia się jak niżej:

temperatura atmosferyczna 33,4 . 10^6 kgcm,
temperatura 482°C 25,3 . 10^6 kgcm.

c) Konstrukcja. Dzięki rozwojowi techniki spawalniczej stosuje się powszechnie spawane rurociągi główne. Jeśli istnieje możliwość dokonania pomiarów sprawdzających (promieniami Roentgena), opuszcza się kołnierze nawet przy zasuwach. Dla parametrów pary 106 atn i 510° C wykonywa się rurociągi całkowicie spawane. Doświadczenia, przeprowadzane nad spawaniem zasuw bezkołnierzowych, nie wykazały żadnych ujemnych wpływów na ich mechanizmy.

Tablica VII. Dopuszczalne naprężenia stali używanych na rurociągi

Gatunek stali	Temperatura (°C)	Dopuszczalne naprężenie (kg/mm²)
Stal miękka	455	4,9
	470	4,1
	482	3,5
Stal stopowa	455	9,1
	470	8,3
	482	7,6
	496	6,8
	510	5,5

W związku z powyższym uległy zmianie schematy rurociągów i powstała konieczność przeliczenia naprężeń, występujących pod wpływem termicznych wydłużeń (przy 510°C ok. 7 mm/m). Uchwyty elastyczne specjalnej konstrukcji umożliwiają wydłużanie się rurociągów bez dodatkowych obciążeń konstrukcji nośnych. Stosowanie falistych rurociągów okazało się niepraktyczne przy wysokich parametrach pary ze względu na zjawisko drgań.

Ponieważ stosowanie wysokich ciśnień wiąże się z dość znaczną grubością ścian rur, jest obecnie stałą praktyką projektowanie podwójnych lub nawet potrójnych rurociągów głównych, aby uzyskać większą elastyczność instalacji. Przy pełnym obciążeniu rurociągów prędkości pary dochodzą obecnie do 55—60 m/sek.

d) Izolacja. Para wysokoprężna zmusiła do rewizji dotychczasowych sposobów izolacji rurociągów z dwóch punktów widzenia: przewodnictwa cieplnego i konstrukcji otuliny.

Wysokie temperatury pary warunkują grubość powłoki izolacyjnej i jej skład. Chodzi tu o zabezpieczenie głównego materiału izolacyjnego (np. magnezji) od szybkiego rozkładu. Przy projektowaniu przyjmuje się obecnie pewien określony spadek temperatury na drodze kocioł — turbina, a nie, jak poprzednio, liczby jednostkowe dla przewodnictwa cieplnego rurociągu i otuliny, albowiem po wykonaniu izolacji raczej trudno jest sprawdzić, czy zakładane dawniej wielkości odpowiadają stanowi rzeczywistemu.

e) Montaż. Wprowadzenie powszechne pary wysokoprężnej wpłynęło nie tylko na używany materiał, ale w większym jeszcze stopniu na technikę montażową rurociągów. Skomplikowane obliczenia naprężeń byłyby bezcelowe, gdyby nie zwrócono dostatecznej uwagi na zmiany, powstałe wskutek ostygania części spawanych.

Przy montażu rurociągów bezkołnierzowych spawa się obecnie całość przewodu, a naprężenia usuwa się przed wstawieniem odcinka zamykającego o odpowiednio dobranym wymiarze.

Spawanie elektryczne rurociągów stosuje się obecnie w Wielkiej Brytanii często i z dobrym wynikiem. W wypadku spawania rur na styk, bez pierścieni wewnętrznych, jest w użyciu również metoda acetylenowa.

Przy rurociągach ze stali stopowej — przed rozpoczęciem właściwego spawania — ogrzewamy końce rur do temperatury ok. 250°C. We wszystkich wypadkach połączeń bezkołnierzowych (stal miękka i stal stopowa) ce-

lowe jest, po wykonaniu spawu, ogrzanie rurociągu do 650° C dla usunięcia powstałych naprężeń wewnętrznych.

Powszechne stosowanie spawanych rurociągów wpłynęło na opracowanie metod sprawdzania jakości spawu. Należy tu podkreślić, że umiejętność i sumienność spawacza ma znaczenie zasadnicze. Do badania jakości spawu używa się promieni Roentgena lub promieni γ, przy tym stosuje się chętniej pierwszą metodę ze względu na znacznie krótszy czas naświetlania i większe bezpieczeństwo obsługi. Obie metody dają klisze fotograficzne spawu, będące podstawą ostatecznej opinii.

W nowoczesnej siłowni rurociągi są bardzo ważnym elementem instalacji i dużo czasu poświęca się na dokładne opracowanie projektu, celem zapewnienia dostatecznie obszernego pomieszczenia, wygodnego dostępu i dobrego rozwiązania konstrukcji nośnej.

5. Turbiny parowe i skraplacze.

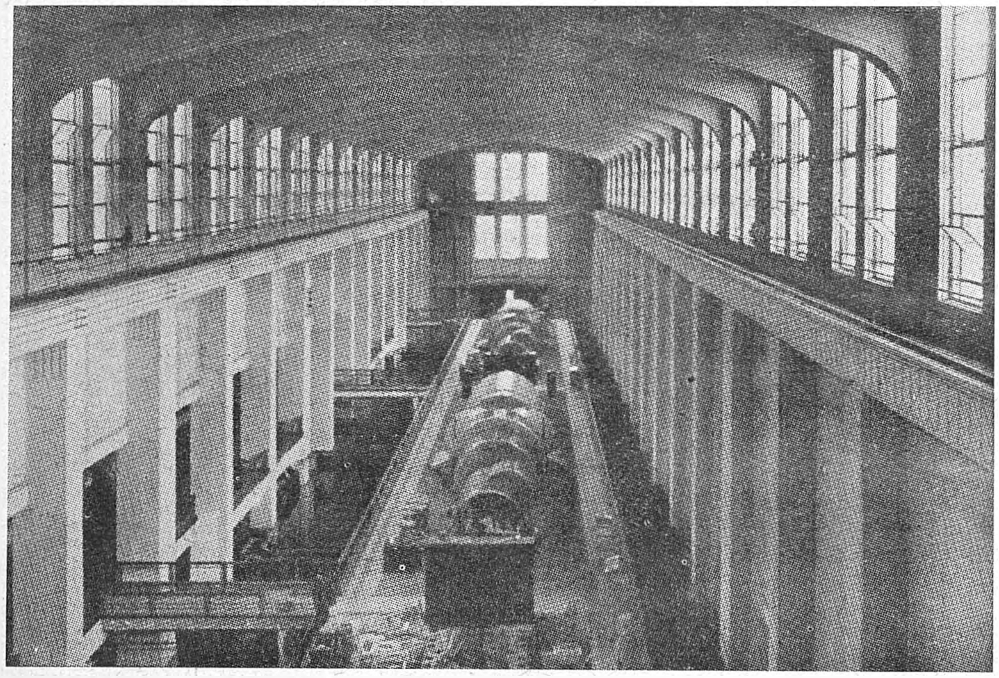
a) Turbiny parowe. Nowoczesne turbiny parowe charakteryzują się wysokimi parametrami pary, dużą ilością obrotów (3000 obr./min.) i tendencją do znormalizowania zasadniczych wielkości jednostek. W związku z tym wysunęło się na czoło zagadnienie międzystopniowego odwadniania i zabezpieczenia niskoprężnych łopatek przed erozją, skoro wilgotność pary powyżej 12% jest obecnie zjawiskiem normalnym. Poza tym wysokie temperatury i ciśnienia pary zaakcentowały zjawisko cieplnego rozszerzania się wirnika i kadłuba. Im wyższe są parametry pary, tym większy jest stosunek masy kadłuba do masy wirnika, co zmusza do przedłużenia czasu uruchomienia i zatrzymywania celem uniknięcia nadmiernych odkształceń. Dawniej czas trwania i przebieg uruchomienia zależał od subiektywnej oceny obsługi, obecnie są do dyspozycji przyrządy rejestrujące wydłużenia poosiowe i mimośrodowość, a kontrolę wykonywa się metodą elektromagnetyczną. Opóźnienie w powszechnym zastosowaniu wtórnego przegrzewu pary w Wielkiej Brytanii wynikło z tendencji dostosowania urządzeń do ruchu na dwie zmiany. Zagadnienie pracy na dwie zmiany stało się specjalnie trudne przy parze wysokoprężnej.

Duże wysokoprężne jednostki turbinowe buduje się obecnie jako trójkadłubowe. W ten sposób ograniczamy rozpiętość temperatur w poszczególnych częściach turbiny, utrzymujemy rozszerzalność w wąskich granicach i uzyskujemy większą pewność ruchu.

Powszechną obecnie praktyką jest mocowanie kadłubów turbin możliwie blisko osi (w planie), aby promieniowa rozszerzalność była całkowicie symetryczna. W pewnych wypadkach turbiny wysokoprężne są umocowane sztywno przy wlocie pary, a wydłużenia cieplne są umożliwione po stronie wylotowej. Rozwiązanie to ma poważne zalety, gdyż pozwala uzyskać dużą dokładność wzajemnych położeń wirnika i kadłuba tam, gdzie temperatura jest najwyższa, wysokość łopatek — najmniejsza, a tolerancje — najostrzejsze (rys. 6).

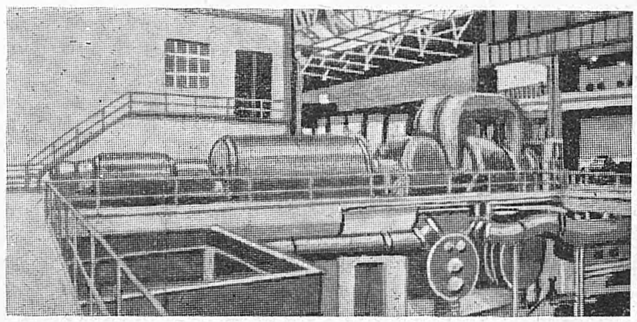
Małe masy wirujące, krótkie i sztywne wirniki, ograniczona rozpiętość temperatur dla poszczególnych kadłubów — wszystko to daje elastyczność nowoczesnej jednostki. Taka turbina jest dobrze dostosowana do pracy na dwie zmiany, gdzie zagadnienie szybkiego uruchamiania i obciążania (codziennie) jest sprawą zasadniczą. W warunkach pracy na dwie zmiany turbina musi posiadać urządzenie do obracania wirnika z napędem elektrycznym. Urządzenie to pozwala na obracanie wirnika w okresie zatrzymywania jednostki, aby uniknąć nierównomiernego ochłodzenia się i ewentualnego wygięcia wirnika. Również podczas uruchamiania jednostki urządzenie to pozwala na uniknięcie nagłych skoków temperatury w częściach wysokoprężnych i ewentualnych uszkodzeń (rys. 7).

Oddawna turbiny parowe były wyposażone w zabezpieczenia przed rozbieganiem się oraz w wypadku utraty próżni w skraplaczu. Praca turbin na wydech jest jednak dość ryzykowna i powoduje poważne zakłócenie ruchu. Ryzyko jest oczywiście większe przy dużych jednostkach i dawno już wprowadzono urządzenie odcinające samoczynnie dopływ pary, jeśli próżnia w skraplaczu poważnie spadnie. Obecnie urządzenia te są stosowane powszechnie, a zawory wydechowe zostały zredukowane do małych wymiarów lub też zupełnie zarzucone.



Rys. 6. Dwa turbozespoły w Elektrowni Hams Hall „B" (Birmingham)

Moc zainstalowana 6 × 50 MW = 300 MW
Parametry pary: 47 ata i 450° C
12 kotłów pyłowych o wydajności 145 t/h każdy
Odpylacze elektryczne na 60 kV



Rys. 7. Jeden z trzech identycznych turbozespołów Metropolitan-Vickers El. Co o mocy (30 + 1,5) MW, zainstalowanych w Elektrowni Hartshead (Manchester)

Tendencje normalizacyjne parametrów pary, istniejące obecnie na terenie Wielkiej Brytanii, dadzą się ująć w tablicę VIII.

Z zagadnieniem normalizacji wiąże się sprawa projektowania turbin na pracę ekonomiczną przy 100%, czy też przy 80% znamionowego obciążenia. Angielskie firmy turbinowe wolą projektować pracę ekonomiczną przy 100% obciążenia znamionowego ze względu na uproszczenie regulacji wlotu pary. Jednak z punktu widzenia inżyniera ruchu lepszą ekonomię pracy daje turbina, której moc ekonomiczna wynosi 80% mocy znamionowej. Turbina taka jest tańsza niż poprzednio omówiona, a poza tym, praktycznie biorąc, trudno jest w ruchu utrzymać przez czas dłuższy średnie obciążenie turbiny bliskie 100%.

Tablica VIII. Tendencje normalizacyjne w Wielkiej Brytanii

Ciśnienie pary (atn)	Temperatura (°C)	Próżnia w skraplaczu (%)		Liczba stopni poboru pary zaczepowej	Uwagi
		chłodnia	rzeka		
42	455	95%	97%	4	Liczba obrotów: n = 3000 obr./min. dla mocy ≤ 60 MW
63	432			4	
84	510			5	
126	538			6	

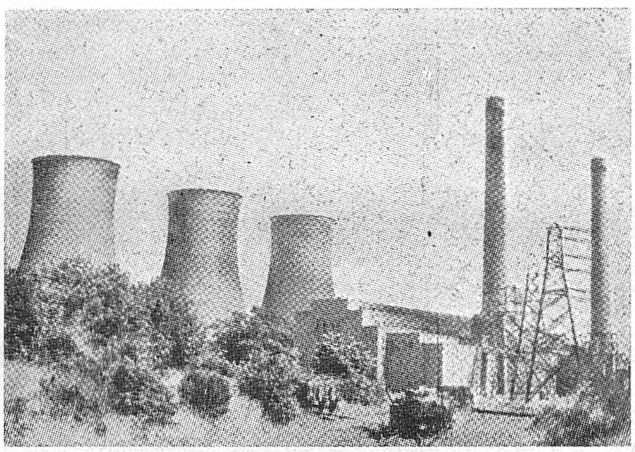
Przy budowie nowoczesnych turbin w Wielkiej Brytanii stosuje się cztery zasadnicze gatunki stali: 1) stal węglista, 2) stal molibdenowa, 3) stal molibdenowo-wanadowa, 4) stal chromowo-molibdenowa; dwie ostatnie odznaczają się dużą ciągliwością.

Na łopatki stosuje się:

dla temperatur do 482°C stal nierdzewną, nisko-węglową;

dla temperatur ponad 482°C stal austenityczną (18% Cr + 8% Ni).

b) Skraplacze. Konstrukcja skraplaczów uległa stosunkowo niewielkim zmianom. Wobec poważnego wzrostu wielkości jednostek turbinowych, a więc — powiększenia się żądanej powierzchni skraplacza, nowoczesne skraplacze posiadają rurki o znacznej długości.



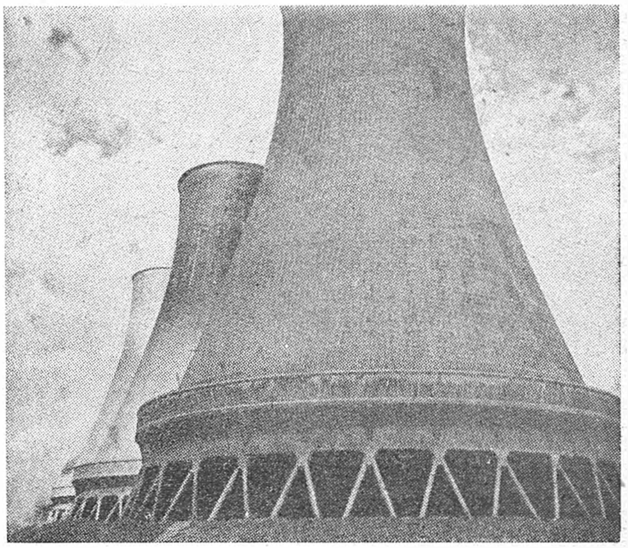
Rys. 8. Elektrownia Hams Hall „B" (Birmingham): trzy chłodnie kominowe o wydajności ok. 20.000 m³/h

Trudności ruchowe wywołane drganiami długich rurek zmusiły do zwrócenia uwagi na konstrukcje mocujące.

Mamy więc cały szereg rozwiązań, umożliwiających wydłużanie się rurek skraplaczowych z jednej lub nawet z obu stron. To ostatnie rozwiązanie, bardzo rozpowszechnione w Stanach Zjednoczonych, jest obecnie wprowadzane w Wielkiej Brytanii.

6. Chłodnie kominowe.

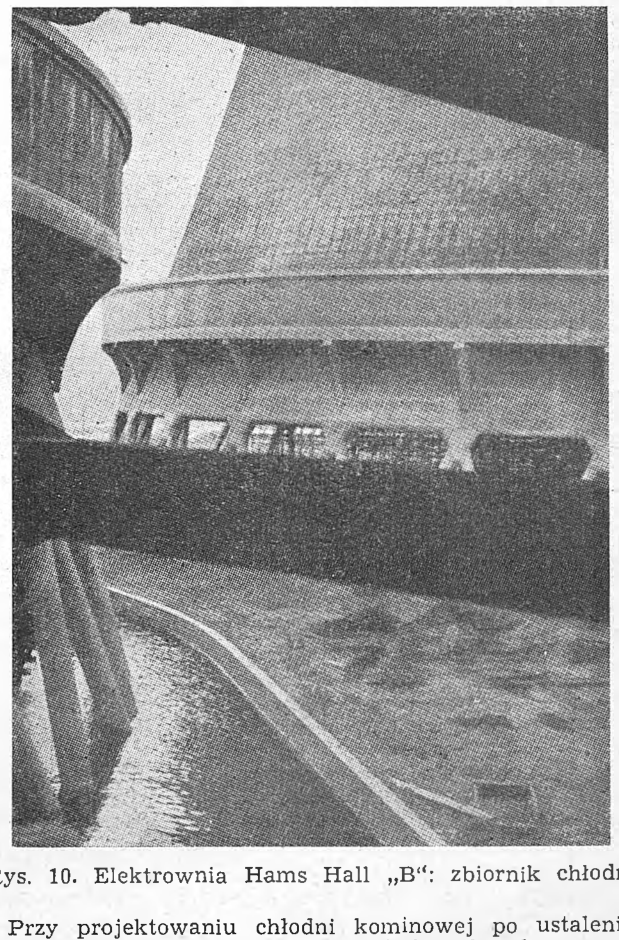
Angielska technika budowy chłodni kominowych stoi na wysokim poziomie. Chłodnie te są prawie bez wyjątku konstrukcji żelbetowej i stosunkowo dość wysokie w zestawieniu z sąsiednimi budynkami, aby uniknąć skraplania się pary (rys. 8, 9, 10 i 11).



Rys. 9. Elektrownia Hams Hall „B": żelazobetonowa konstrukcja chłodni

Przykładowo rozpatrzymy największe na terenie W. Brytanii chłodnie o ciągu naturalnym, zainstalowane w elektrowni „Hams Hall" (Birmingham), o wymiarach:

wysokość	95 m,
średnica u podstawy	66,5 m,
średnica w zwężeniu	34 m,
średnica u wierzchołka	37 m,
profil hyperboliczny.	



Rys. 10. Elektrownia Hams Hall „B": zbiornik chłodni

Przy projektowaniu chłodni kominowej po ustaleniu ilości ciepła, które należy odprowadzić w skraplaczu przy próżni 93,5—97%, następnym zadaniem jest określenie:

a) najekonomiczniejszej próżni,
b) ilości użytej wody chłodzącej,
c) obciążenia cieplnego chłodni,
d) średnich warunków atmosferycznych.

Projekty skraplacza i chłodni kominowej są ściśle ze sobą związane i każda zmiana warunków wymaga przeliczenia całości. Np. dla warunków atmosferycznych 15,5°C (temperatura na suchym termometrze) i dla próżni 97% wieża chłodnicza jest praktycznie niewykonalna.

Wieże chłodnicze w elektrowni Hams Hall „A" zostały zaprojektowane na próżnię 93,5% przy średniej temperaturze otoczenia 15,5°C (na suchym termometrze) i wilgotności 80%. Te warunki wymagały przepływu wody chłodzącej w ilości 8.600 m³/h, przy tym:

powierzchnia chłodząca skraplacza była 6 040 m²,
moc jednostki turbinowej 50 MW,
parametry pary dolotowej 24,6 atn/388°C,
(podgrzewanie wody zasilającej parą zaczepową).

Przy obciążeniu ekonomicznym 40 MW i przy poborze pary zaczepowej próżnia w kondensatorze wynosiła ok. 94%. Były to warunki graniczne przy średnim współczynniku wyzyskania elektrowni ok. 30%.

Zagadnienie chłodni kominowych odżyło ponownie przy projektowaniu elektrowni Hams Hall „B". Tu warunki były następujące:

współczynnik wyzyskania elektrowni 40%
warunki atmosferyczne 15,5°C/80%
wymagana ilość wody chłodzącej 10 900 m³/h
powierzchnia chłodząca skraplacza 5 570 m²
moc jednostki turbinowej 53,5 MW
obciążenie ekonomiczne turbiny 42,8 MW
parametry pary dolotowej 45,6 atn/450°C
(podgrzewanie wody zasilającej parą zaczepową),
a ekonomiczna próżnia wyniosła 95%.

Dokonane obliczenia wykazały, że próżnia 95% była wartością graniczną dla rozpatrywanych warunków pracy.

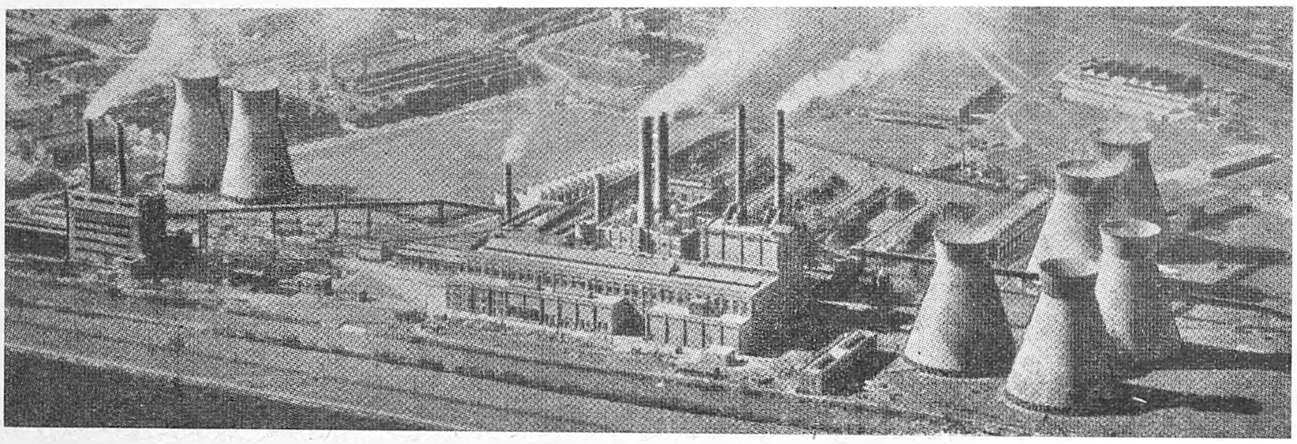
Tablica IX. Wyniki pomiarów chłodni kominowej w elektrowni Hams Hall „B"

Ilość wody chłodzącej	Q	m³/h	16 400	16 500
Temperatura wody na wlocie do chłodni	t_e	°C	32,0	29,0
Temperatura wody na wylocie z chłodni	t_a	°C	24,5	21,5
Strefa chłodzenia	Δt	°C	7,5	7,5
Obciążenie cieplne komina chłodni		kcal/m³	3880	3880
Temperatura zewnętrzna (na mokrym termometrze)	t_m	°C	16,3	12,0
Różnica temperatur ($t_a - t_m$)		°C	8,2	9,5
Temperatura zewnętrzna (na suchym termometrze)	t_s	°C	18,8	15,8
Obliczona wilgotność powietrza	φ	%	78,0	63,3

Dalszy wzrost próżni np. do 96% niemal podwaja wymaganą wydajność chłodni kominowej w założeniu, że 24°C może być przyjęte jako prawdopodobna temperatura wody ochłodzonej.

Każda z chłodni kominowych elektrowni Hams Hall „B" została zaprojektowana na wydajność 16 350 m³/h wody w normalnych warunkach ruchowych, a kanały wodne obliczono na przepływ 20 400 m³/h; w tym wypadku temperatura wody ochłodzonej wzrasta o 2,8°C.

Tabl. IX zawiera wyniki pomiarów, dokonanych przy jednej z omawianych chłodni. Obecnie zaznacza się wyraźna tendencja w kierunku zmniejszenia liczby, a zwiększenia wydajności poszczególnych wież chłodniczych celem ograniczenia kosztów budowy.



Rys. 11. Elektrownia Brimsdown: chłodnie żelazobetonowe

7. Urządzenia pomocnicze w elektrowni.

a) Źródła energii. Źródła energii elektrycznej na napęd pomocniczych urządzeń w elektrowni są następujące:

1) Turbogenerator stacyjny

Zaletami tego systemu są pewność ruchu i niezależność od zewnętrznych zakłóceń elektrycznych.

Wadami — duży koszt instalacji i utrzymania. Sprawność jest najniższa ze wszystkich możliwych alternatyw.

2) Dodatkowy generator

Generator dodatkowy, umieszczony na wirniku głównego generatora, stanowi rozwiązanie bardziej ekonomiczne niż poprzednie. Jest on uniezależniony od zmian napięcia na szynach zbiorczych, lecz odczuwa zmiany częstotliwości.

3) Transformator stacyjny

Transformator taki podlega wpływom wszystkich zakłóceń, które występują na szynach zbiorczych elektrowni.

4) Transformator własny turbozespołu

Jest on przyłączony bezpośrednio do zacisków generatora głównego i podlega wszelkim zakłóceniom elektrycznym przy pracy turbogeneratora na szyny zbiorcze.

Dwa z wymienionych powyżej źródeł energii elektrycznej do napędu urządzeń pomocniczych elektrowni są niewątpliwie lepszym rozwiązaniem, a więc: generator dodatkowy oraz transformator własny turbozespołu z rezerwowym zasilaniem z transformatorów stacyjnych.

Pod względem sprawności różnice są niewielkie, lecz oszczędność kosztów budowy na korzyść transformatora własnego wynosi ok. 0,25 funta ang./kW mocy zainstalowanej elektrowni (ceny z 1945 r.).

b) Regulacja napędów pomocniczych. Regulacja wydajności wentylatorów ciągu, podmuchu, powietrza wtórnego itp. jest sprawą zasadniczą.

Również i pompy zasilające winny posiadać możność regulacji. Pompy wody chłodzącej nie posiadają na ogół regulacji, ale należy pamiętać, że regulacja taka daje poważną oszczędność zużycia energii elektrycznej na potrzeby własne wytwórni przy zmiennym obciążeniu turbin.

W Wielkiej Brytanii najczęściej stosowane są następujące sposoby regulacji:

wentylatory ciągu, podmuchu itp. — dławienie lub zmiana liczby obrotów;

pompy zasilające i wody chłodzącej — tylko zmiana liczby obrotów.

Nazwa „dławienie" obejmuje zwężenie przepływu przed lub za wirnikiem, przy tym napęd stanowią silniki prądu zmiennego o jednej lub dwóch liczbach obrotów.

Nazwa „zmiana liczby obrotów" obejmuje sprzęgła hydrauliczne, silniki prądu zmiennego z regulacją ciągłą ilości obrotów i silniki prądu stałego.

Ogólnie biorąc, silniki komutatorowe prądu zmiennego i silniki prądu stałego są w tym wypadku najlepszym rozwiązaniem.

W elektrowni Jennison w Stanach Zjednoczonych zastosowano już w praktyce regulację elektronową napędu wentylatorów ciągu i podmuchu. Doświadczenia ruchowe wykazały, że w granicach: 0—570 obr./min. można uzyskać dowolne nastawienie z dokładnością ok. 1%.

W ciągu kilku miesięcy pracy tej instalacji zdarzyło się kilka przerw w ruchu wskutek uszkodzenia lamp typu radiowego niedostatecznie wytrzymałych.

Obecnie podwojono liczbę lamp i wprowadzono samoczynne przełączanie w razie uszkodzenia jednego zespołu.

8. Generatory.

Doświadczenia ruchowe z generatorami na napięcie 33 kV dały wyniki zupełnie dobre. Dlatego też na terenie Wielkiej Brytanii istnieje już wiele takich wysokonapięciowych jednostek. Z drugiej strony jednak w dużych elektrowniach angielskich istnieje tendencja budowy generatorów na napięcie 11 kV, przyłączonych za pośrednictwem blokowego transformatora wprost do sieci 132 kV.

Pierwszy generator na 33 kV (z turbiną o 3000 obr./min.) został uruchomiony w 1928 r. w elektrowni Brimsdown i do chwili obecnej pracuje bez zakłóceń. Od 1928 r. zainstalowano już 33 jednostki tego typu o ogólnej mocy 1 274,3 MVA. Ponadto 15 identycznych generatorów znajduje się obecnie w trakcie montażu (ogólna ich moc 603,2 MVA).

a) Wzbudzenie. Przez wiele lat turbogeneratory były zasilane wyłącznie z wzbudnic, umieszczonych bezpośrednio na wirniku. Układ ten posiada szereg zalet, koszt instalacji jest minimalny, a praktyka dowiodła dużej pewności ruchu.

Dla dużych jednostek stosuje się powszechnie zasilanie głównej wzbudnicy z oddzielnego źródła prądu: a) z małej wzbudnicy pomocniczej sprzęgniętej bezpośrednio albo b) ze stacyjnej baterii akumulatorów celem uzyskania większej pewności ruchu.

Pierwsze rozwiązanie jest bardziej rozpowszechnione, gdyż zachowana jest zasada samowystarczalności jednostki. Bezpośrednio sprzęgnięte wzbudnice okazały się dobre w ruchu, nawet dla jednostek o najwyższych mocach. Oczywiście, pewność ruchu nieco zmalała, a koszta utrzymania — nieco wzrosły. Warunki pracy wzbudnicy można poprawić przez wprowadzenie przekładni pomiędzy wirnikiem generatora a wzbudnicą lub też przez umieszczenie wzbudnicy na innym miejscu i napędzanie jej odpowiednio zaprojektowanym silnikiem.

W pierwszym wypadku wzbudnica nie podlega żadnym zakłóceniom sieciowym i może dawać najwyższą moc wtedy, gdy tego najbardziej potrzeba, tj. gdy napięcie jest niskie.

Przekładnia wymaga dodatkowego przedłużenia płyty fundamentowej, lecz nie zawsze wpływa to na powiększenie budynku elektrowni, skoro wymiary budynku są zazwyczaj określone przestrzenią potrzebną do wyciągnięcia wirnika generatora. Przekładnia jednak wprowadza nowe, dodatkowe ogniwo, które może być źródłem kłopotów ruchowych.

W wypadku wzbudnicy napędzanej oddzielnym silnikiem, zasilanym z transformatora stacyjnego lub transformatora własnego jednostki, praca zespołu może podlegać różnym zakłóceniom, np. wahaniom napięcia, zmianom liczby obrotów (okresy), a w wypadku poważniejszego zakłócenia napięcie generatora może całkowicie zaniknąć. Dlatego też konieczne jest włączenie do zespołu wzbudnicy koła zamachowego celem utrzymania dostawy prądu w ciągu 1—2 sek., co powinno wystarczyć dla zadziałania przekaźników na sieci.

Jeśli energię elektryczną na potrzeby własne elektrowni pobieramy z turbogeneratora stacyjnego lub też z generatora dodatkowego, związanego z główną jednostką, to wzbudnica nie będzie podlegać zakłóceniom sieciowym i, praktycznie biorąc, praca jej powinna być tak pewna, jak wzbudnicy — osadzonej bezpośrednio na wale generatora głównego.

Wzbudnica napędzana osobnym silnikiem daje zmniejszenie przestrzeni potrzebnej na ustawienie głównej jednostki, jeśli zainstalujemy jednocześnie specjalne urządzenie do wyciągania wirnika generatora.

Z powyższego widać, że mamy do wyboru cały szereg rozwiązań wzbudzenia generatora i wybór schematu dla rozpatrywanej elektrowni zależy głównie od warunków miejscowych.

b) Regulacja napięcia. W ostatnim dziesięcioleciu nie dokonano żadnych poważniejszych postępów w konstrukcji samoczynnych regulatorów napięcia. Ogólnie biorąc, regulatory napięcia pracują doskonale i są stałym wyposażeniem każdej elektrowni.

Przy dużych jednostkach regulatory napięcia typu Tirilla posiadają dodatkowe opory, celem odciążenia styków w ustalonych warunkach pracy.

Od wielu lat na stosunkowo niewielkich jednostkach pracują zupełnie zadawalająco elektronowe regulatory napięcia, przy których obwód magnesujący wzbudnicy jest częściowo lub całkowicie zasilany przez prostownik, dołączony bezpośrednio do zacisków generatora. Ostatnio proponowano zastosowanie specjalnych urządzeń typu „amplidyny" do regulacji napięcia, ale dotąd brak wyników ruchowych.

Odnośnie charakterystyki wzbudnicy istnieje obecnie dążenie do pozostawienia pewnego zapasu powyżej napięcia, odpowiadającego mocy znamionowej turbozespołu. Niedawno zastosowano do kilku nowych generatorów wzbudnice o wysokim napięciu nasycenia, rzędu kilkakrotnej wartości napięcia znamionowego. Praktyka ruchowa jednak wykazała, że zapas napięcia rzędu 125% wartości znamionowej (przy mocy znamionowej generatora) jest zupełnie wystarczający.

c) Chłodzenie wodorowe. Doświadczenia z wodorowym chłodzeniem generatorów, zebrane podczas ostatniego dziesięciolecia w Stanach Zjednoczonych, nie wykazały większych trudności ruchowych. Ostatnio wydane normy amerykańskie polecają stosowanie chłodzenia wodorowego dla generatorów o mocy $\geq$ 20 MW. Na terenie Wielkiej Brytanii natomiast chłodzenie wodorowe opłaca się dopiero dla generatorów o mocy $\geq$ 50 MW.

W normalnych warunkach pracy ciśnienie wodoru wynosi 1,035 ata, lecz cała instalacja jest zaprojektowana na ciśnienie 2,05 ata, co pozwala na przeciążenie generatora o 15%. Ogólnie podkreślanymi zaletami wodoru są: zwiększenie trwałości izolacji, mniejsze koszta utrzymania i usunięcie niebezpieczeństwa pożaru.

W Stanach Zjednoczonych znajduje się obecnie w budowie generator o danych:

$$P = 95 \text{ MW}, \cos\varphi = 0{,}85, n = 3600 \text{ obr./min.}$$

z chłodzeniem wodorowym. Natomiast w Wielkiej Brytanii instalują obecnie kilka generatorów z chłodzeniem wodorowym o danych:

$$P = 60 \text{ MW}, \cos\varphi = 0{,}8, U = 11 \text{ kV}, n = 3000 \text{ obr./min.}$$

Chłodzenie wodorowe daje wzrost sprawności turbozespołu o mocy 60 MW rzędu 0,8%. Zysk ten jednak jest w znacznej części pochłonięty przez koszt całej instalacji.

9. Rozdzielnie.

W tej dziedzinie dokonano szeregu wartościowych postępów, a mianowicie:

1) powiększenie mocy odłączalnej wyłączników,

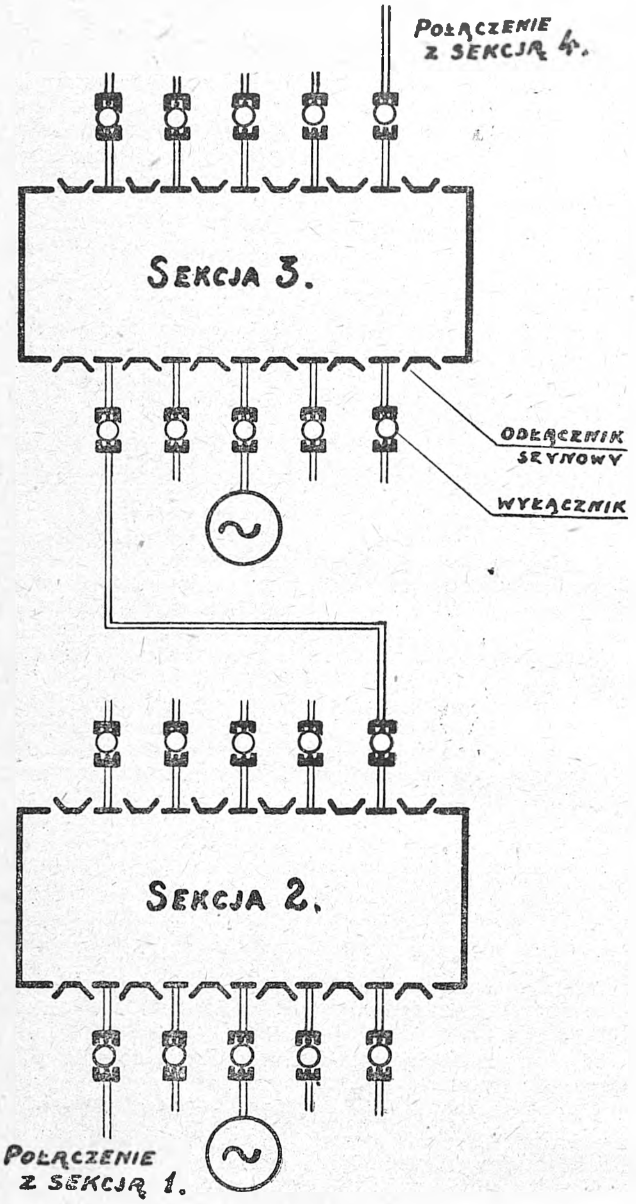
2) zmniejszenie niebezpieczeństwa pożaru,

3) wzrost szybkości działania wyłączników.

a) Schematy połączeń. Konieczność zmniejszenia niebezpieczeństwa pożaru wpłynęła na ściślejsze wydzielanie poszczególnych grup, prowadząc często do budowania osobnych rozdzielni dla każdej dużej jednostki. Wymagania stawiane przez obronę przeciwlotniczą silnie wpłynęły na projekty rozdzielni, stawianych w okresie bezpośrednio przed wybuchem wojny oraz w pierwszych latach jej trwania. Podział głównej rozdzielni na fizycznie niezależne sekcje wywołał wzrost kosztu budynków, kabli, dodatkowych wyłączników itp.

b) Rozdzielnie okapturzone. Większość starych elektrowni brytyjskich posiada celkowy typ rozdzielni. Rozwiązanie to jest mocne, nadaje się do umieszczenia ciężkich szyn, dość proste w układzie i stwarza łatwość dalszej rozbudowy. Nowoczesna jednak tendencja

idzie w kierunku masowej produkcji gotowych celek okapturzonych. Są one znacznie lżejsze, bardziej bezpieczne i łatwiejsze w eksploatacji. Poważne postępy



Rys. 12. Schemat pierścieniowego układu szyn zbiorczych w Elektrowni Hams Hall „B" (Birmingham)

osiągnięto w kierunku zmniejszenia zawartości oleju dzięki lepszemu rozwiązaniu gaszenia łuku. Zwrócono też

T a b l i c a X. Dane wyłączników używanych w Wielkiej Brytanii

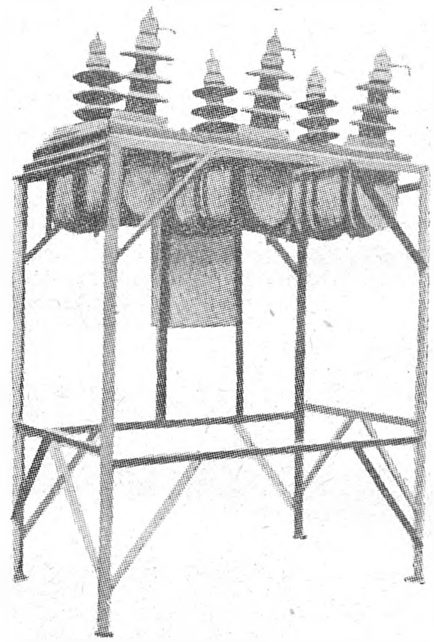
Napięcie kV	Rok budowy	Moc wyłączalna (MVA)	Typ wyłącznika	Pojemność olejowa wyłącznika (litrów)	Czas wyłączenia (sek.)
11	1928	750	celkowy	680	0,40
	1947	1000	celkowy	680	0,18
33	1925	750	okapturzony z masą	680	0,25
	1931	750	okapturzony z masą	750	0,18
	1942	1500	okapturzony z gazem	136	0,06
66	1930	1500	okapturzony z masą	5900	0,20
	1947	1500	okapturzony, układ kondensator.	2450	0,11

uwagę na zmniejszenie ilości masy izolacyjnej i innych palnych materiałów.

Jedno z rozwiązań, stosowane w rozdzielniach na 33 kV i 66 kV polega na zastąpieniu masy izolacyjnej konstrukcją kondensatorową, drugie — na wprowadzeniu gazu (freon) o małym nadciśnieniu. Wyłączniki powyższego typu nadają się specjalnie do pierścieniowego układu szyn zbiorczych, spotykanego często w elektrowniach brytyjskich (rys. 12).

W tabl. X zestawiono główne dane wyłączników angielskich i ważniejsze postępy, dokonane w ostatnich latach.

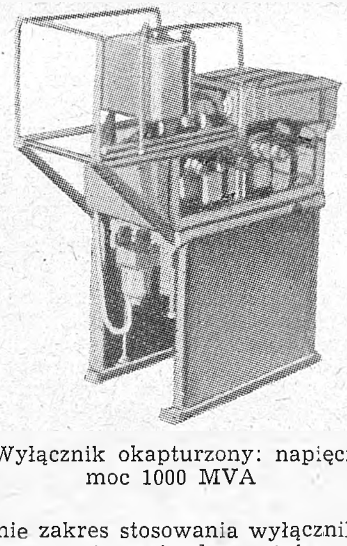
c) W y ł ą c z n i k i n a s p r ę ż o n e p o w i e t r z e. Wyłączniki na sprężone powietrze zostały zastosowane do najwyższych napięć i najwyższych mocy. Był to natu-



Rys. 13. Wyłącznik napowietrzny małoolejowy: napięcie 33 kV, moc 500 MVA, całkowita zawartość oleju 180 l

ralny rozwój małoolejowego napędzanego pneumatycznie wyłącznika, w którym użyto sprężonego powietrza dla przyśpieszenia działania. Wyłączniki na sprężone powietrze posiadają następujące zalety: a) wykluczenie niebezpieczeństwa pożaru, b) większa szybkość działania, c) mechaniczna prostota budowy.

Trudno jeszcze orzec, czy wyłącznik na sprężone powietrze przewyższa zdecydowanie wyłączniki olejowe.



Rys. 14. Wyłącznik okapturzony: napięcie 33 kV, moc 1000 MVA

Prawdopodobnie zakres stosowania wyłączników na sprężone powietrze ograniczy się do napięć powyżej 33 kV, ale ta sprawa jest wciąż jeszcze na terenie Wielkiej Brytanii tematem dyskusji.

d) W y ł ą c z n i k i w o b w o d a c h p o t r z e b w ł a s n y c h e l e k t r o w n i. Zasilanie instalacji zużycia własnego elektrowni wymaga wyłączników o napięciu: 0,4, 3,3,

Tablica XI. Projekt norm brytyjskich na wyłączniki olejowe (opracowany przez I. E. E.)

Napięcie (kV)	Moc odłączalna (MVA)	Prąd odpowiadający mocy odłączalnej (kA)	Prąd znamionowy wyłącznika (A)
0,6	22,5	21,6	400 800
	45	43,3	800 1200 1600
			2000 2400 3000
3,3	25	4,4	400
	75	13,1	400 800
	100	17,5	400 800
	150	26,3	400 800 1200
11	150	7,9	400 800
	250	13,1	400 800 1200
	500	26,3	800 1200 1600 2000
	750	39,4	800 1200 1600
			2000 3000
33	500	8,8	400 800
	750	13,1	400 800 1200
	1500	26,3	400 800 1200 1600
66	750	6,6	400 800
	1500	13.1	800 1200
	2500	21,9	800 1200
110	1500	7,9	600
	2500	13,1	600
132	1500	6,6	600
	2500	10,9	600
	3500	15,3	800
220	3500	9,2	600
275	3500	7,6	600
	5000	10,9	600

6,6 i 11 kV. Od wyłączników tych żąda się: a) absolutnej pewności ruchu, b) minimum niebezpieczeństwa pożaru, c) prawidłowej pracy w ciężkich warunkach (wysoka temperatura, wilgoć, para, pył węglowy).

Normalnie w tym celu stosuje się zwykłe wyłączniki olejowe, które zdały na ogół egzamin pewności ruchu. Często jednak warunki miejscowe zmuszają do instalowania nowoczesnych wyłączników suchych, które zaspakajają większość wymagań przy napięciach do 3,3 kV. Wyłączniki omawianego typu są okapturzone, a wymiary ich niewiele przekraczają wielkość wyłączników olejowych tej samej mocy.

W Wielkiej Brytanii najczęściej stosuje się (rys. 13 i 14):

a) dla najwyższych mocy odłączalnych i dla napięć $\geq$ 33 kV wyłączniki małoolejowe lub też — na powietrze sprężone;

b) dla średnich mocy odłączalnych i napięć 11 kV lub 33 kV wyłączniki olejowe o normalnej konstrukcji;

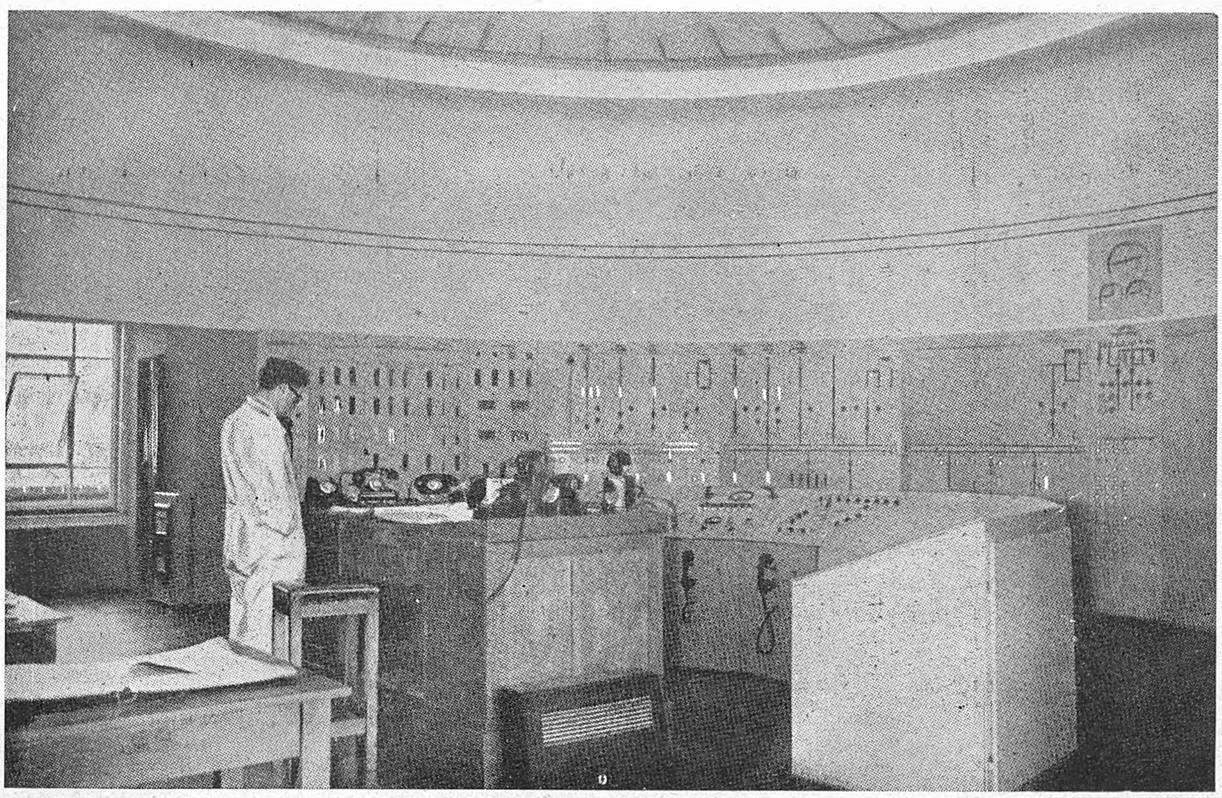
c) dla instalacji potrzeb własnych elektrowni — nowoczesne wyłączniki suche. Tabl. XI przedstawia projekt norm brytyjskich na wyłączniki olejowe, opracowany przez I. E. E. (Institution of Electrical Engineers).

10. Transformatory.

W elektrowniach, posiadających sieci elektryczne o napięciu 11 kV lub 33 kV, buduje się generatory na te właśnie napięcia. Jednak istniejąca tendencja rozdziału energii elektrycznej sieciami na 66 kV lub 132 kV wpłynęła na stosowanie dużych transformatorów blokowych, przyłączonych bezpośrednio do zacisków generatora, którego napięcie pracy wynosi zwykle 11—15 kV. Instalacja ta, w połączeniu z regulacją napięcia na transformatorze, przedstawia poważne zalety ruchowe.

System ten zmniejsza zakres wzbudzenia generatora i powiększa stateczność układu. Osiągnięto dalsze postępy w sposobie wykonywania izolacji transformatorów, jak również w konstrukcji mechanicznej, opierając się na wynikach badań zjawisk falowych i zwarciowych.

Warto zanotować wzrost zastosowania przesuwników fazowych, przyłączonych do szyn zbiorczych elektrowni o mocy przepływowej rzędu 70 MVA i oporze biernym $\geq 15\%$.



Rys. 15. Nastawnia Elektrowni Hams Hall „B" (moc zainstalowana 300 MW)

11. Kable wysokonapięciowe.

Praca generatorów bezpośrednio na sieć 33 kV wprowadziła kable wysokonapięciowe do samej elektrowni, a część elektrowni brytyjskich przetwarza energię elektryczną na napięcie 132 kV, co wymaga odpowiednich połączeń kablowych.

Dawniej używano kabli olejowych, lecz od 1938 r. wprowadzono kable gazowe, pracujące pod ciśnieniem. Kable te posiadają izolację papierową i silny płaszcz ołowiany, napełniony azotem pod ciśnieniem 14 atn. Naprężenie dielektryczne wynosi ok. 100 kV/cm.

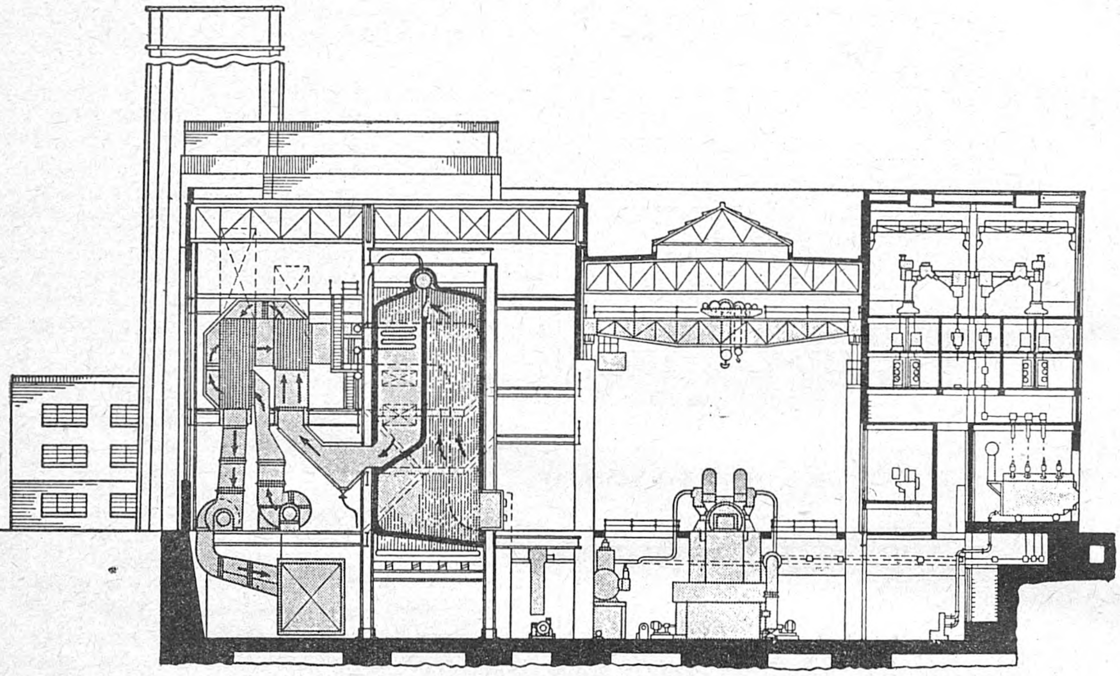
Omawiane kable na 33 kV pracują w elektrowni Hams Hall „B", na napięcie 66 kV — w elektrowniach Battersea i Ferry Bridge, a na napięcie 132 kV — w elektrowni Upper Boat. Zaletami tego systemu są zmniejszenie niebezpieczeństwa pożaru i zwiększona przelotność linii.

12. Zabezpieczenia przeciwpożarowe.

Zabezpieczenia przeciwpożarowe nie polegają jedynie na sprzęcie pożarnym, ale muszą być uwzględnione już przy opracowywaniu projektu elektrowni.

W elektrowni Hams Hall „B", gdzie było dostatecznie dużo miejsca, każda rozdzielnia obsługująca jeden z turbogeneratorów 50-megawatowych, została umieszczona w oddzielnym budynku i wyposażona w dodatkową nastawnię, obejmującą zespół wyłączników małoolejowych, dla generatorów i linii wysyłowych.

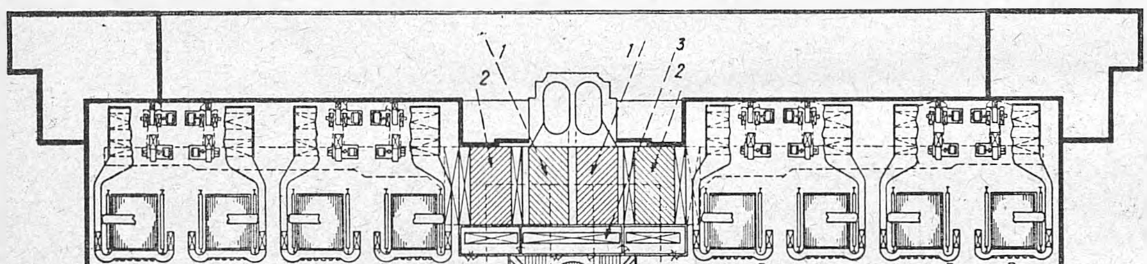
Nastawnia główna (rys. 15) również mieści się w oddzielnym budynku. Zasada całkowitego podziału została przyjęta dla rozdzielni na potrzeby własne każdej jednostki. Każdą grupę umieszczono oddzielnie i zaopatrzono w instalację przeciwpożarową (CO_2), uruchamianą przekaźnikiem cieplnym.



Rys. 16. Przekrój poprzeczny Elektrowni Bankside (Londyn)

Moc zainstalowana 4 × 60 MW = 240 MW
Parametry pary: 67 ata i 500° C
Paliwo — olej mineralny

8 kotłów o wydajności 136/170 t/h każdy
Paleniska całkowicie opromieniowane
Obciążenie paleniska 220.000 kca/m³h



Rys. 17. Plan Elektrowni Bankside

1 Komory do przemywania gazów spalinowych wodą. 2 Odpylacze wstępne (suche). 3 Rozdzielnia na 3 kV. 4 Nastawnia. Urządzenie do przemywania gazów kominowych zajmuje powierzchnię 2,5 razy większą od powierzchni, zajętej przez jeden kocioł. Budowa kotłów dostosowana do czyszczenia metodą mokrą.

Wszystkie maszyny wirujące (silniki elektryczne, wentylatory, pompy itp.) zostały zainstalowane tylko na dwóch poziomach: poziom główny obsługi i poziom fundamentów. Regulatory obrotów młynów węglowych zostały zabezpieczone instalacją do rozpylania wody. W samym budynku elektrowni rozmieszczono 50 szt. ręcznych gaśnic z bromkiem metylu.

Główny rurociąg wody miejskiej, obiegający elektrownię pierścieniowo, został wyposażony w 100 punktów pożarnych do dołączenia hydrantów, zaopatrzonych w końcówki wytwarzające mgłę wodną.

Wszystkie główne kable elektryczne ułożono pod poziomem ziemi w specjalnych tunelach, wypełnionych żwirem; kable pionowe pokryto płytami azbestowymi, a instalację oświetleniową wykonano wyłącznie kabelkiem „pyrotenax".

Na placu elektrowni znajdują się ruchome pompy pożarne napędzane silnikami spalinowymi; czerpią one wodę ze zbiorników wody chłodzącej. Magazyny i biura są zaopatrzone w ręczne gaśnice popiołowo-sodowe.

Powyżej opisana przezorność w wyposażeniu przeciwpożarowym elektrowni była wywołana specjalnymi warunkami w okresie budowy (1940 r.).

13. Planowanie elektrowni.

W chwili obecnej, gdy jednostki o mocy 30 MW i większe stały się w Wielkiej Brytanii raczej zasadą, niż wyjątkiem, planowanie elektrowni cechuje pewna normalizacja, o ile względy uboczne nie narzucają innego rozwiązania (rys. 16 i 17).

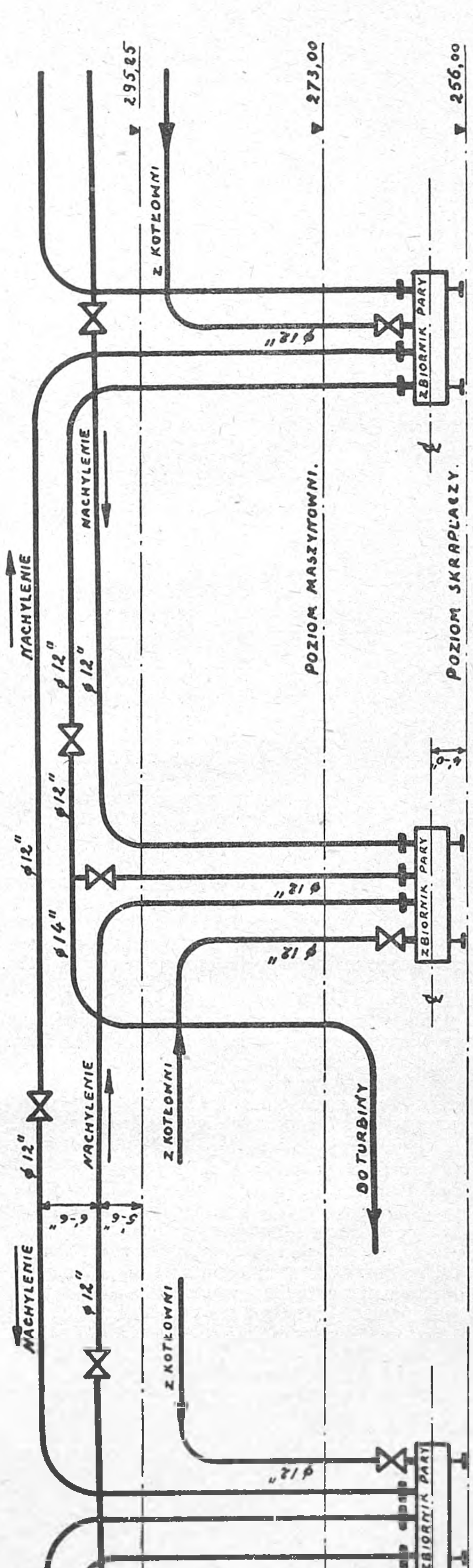
W wypadku projektowania dwóch kotłów na każdy z turbozespołów wygodnie jest stosować układ turbozespołów równoległych do pojedyńczego szeregu kotłów, co nadaje się specjalnie przy kotłach pyłowych, wyposażonych w elektrostatyczne odpylacze, i zapewnia prosty schemat rurociągów parowych i wodnych. Pomieszczenie na pompy zasilające, wymienniki ciepła i wyparki przewiduje się przeważnie pomiędzy kotłownią a maszynownią. Zbyt mało uwagi zwraca się jeszcze na projektowanie rurociągów parowych, dla których celowe jest wykonanie specjalnego pomieszczenia pomiędzy kotłownią a maszynownią. Unika się w ten sposób zbędnych kolan itp. Rys. 18 przedstawia schemat takiego właśnie rozwiązania, zastosowanego w elektrowni Hams Hall „B". Najprostszym rozplanowaniem jest schemat: kocioł + turbina, lecz dla jednostek o mocy ponad 30 MW rozwią-

Tablica XII. Ekonomiczny współczynnik wyzyskania elektrowni (koszt węgla i kapitału zmienny, inne koszty stałe)

Koszt węgla $H_u \simeq$ 5850 kcal/kg (sh/t)	46 atn, 440°C para 95% — próżnia	63 atn, 482°C para 95% — próżnia	84 atn, 496°C para 95% — próżnia
35	< 56,4	56,4 — 69,2	> 69,2
40	< 49,4	49,4 — 60,6	> 60,6
45	< 43,8	43,8 — 54,0	> 54,0
50	< 39,5	39,5 — 48,5	> 48.5
55	< 35,8	35,8 — 44,2	> 44,2
60	< 33,0	33,0 — 40,4	> 40,4
65	< 30,3	30,3 — 37,2	> 37,2

Tablica XIII. Ekonomiczny współczynnik wyzyskania elektrowni w założeniu, że przejście na wyższe parametry pary powoduje wzrost kosztu produkcji o 0,001 d/kWh

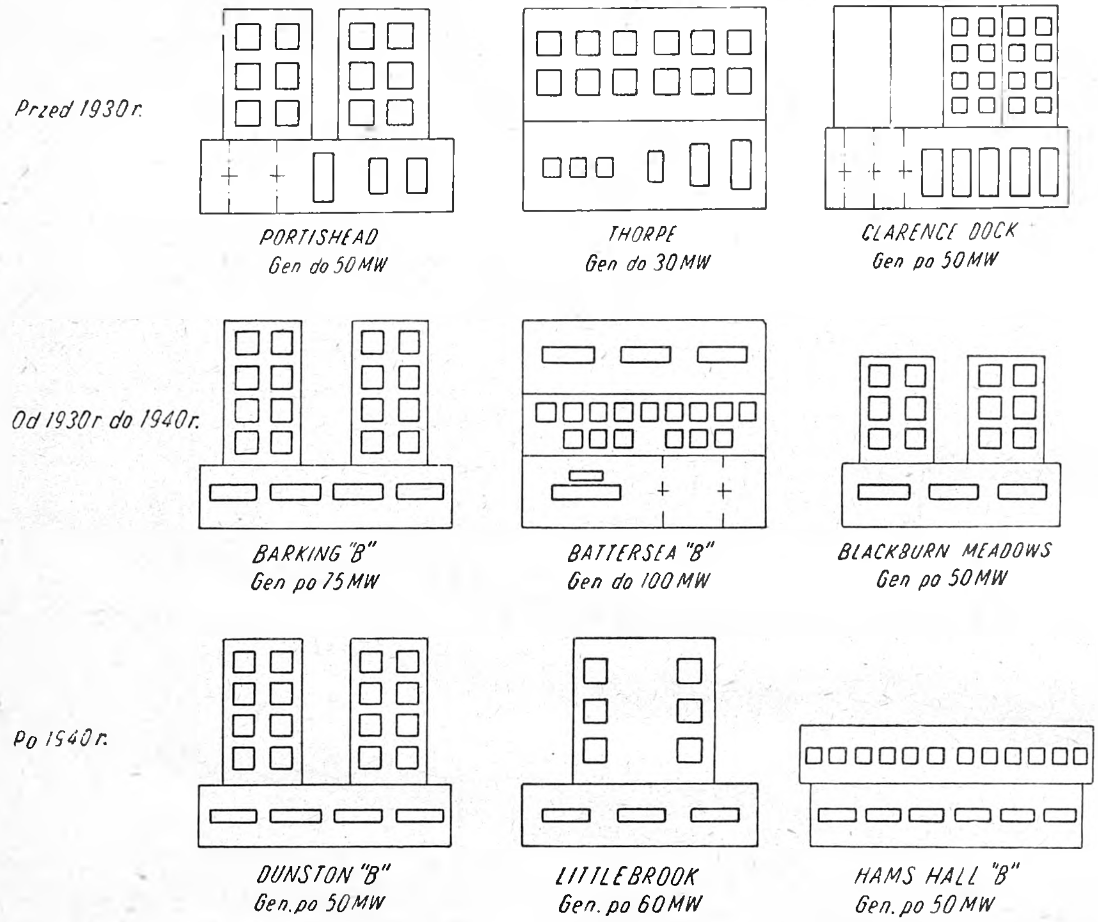
Koszt węgla $H_u \simeq$ 5850 kcal/kg (sh/t)	46 atn, 440°C para 95% — próżnia	63 atn, 482°C para 95% — próżnia	84 atn, 496°C para 95% — próżnia
35	< 68,0	68,0 — 88,2	> 88 ,2
40	< 58 0	58,0 — 74,4	> 74 ,4
45	< 50,4	50,4 — 64.3	> 64 ,3
50	< 44,8	44,8 — 56,8	> 56 ,8
55	< 40.2	40,2 — 50,9	> 50 ,9
6o	< 36,4	36,4 — 46,1	> 46 ,1
65	< 33,4	33,4 — 42,0	> 42 ,0



Rys. 18. Schemat głównych rurociągów parowych w Elektrowni Hams Hall „B" (Birmingham)

zanie to wymaga stosowania kotłów pyłowych ze względu na wydajność.

kroczył 40%, aczkolwiek ostatnio zaznaczył się jego wzrost. Podczas pierwszych lat pracy nowej elektrowni współ-



Rys. 19. Przykłady rozplanowania elektrowni w Wielkiej Brytanii

Z rys. 19 wynika, że obecnie dominuje prosty układ szeregowy, mimo to np. w nowej elektrowni Little Barford ustawiono poprzecznie cztery turbozespoły po 30 MW.

14. Architektura elektrowni.

Ogólną tendencją w architekturze elektrowni, specjalnie wyraźną w ostatnim dziesięcioleciu, jest „realizm funkcjonalny". Nowoczesne budynki siłowni obrazują istotny cel obiektu — produkcję energii elektrycznej. Zarys budynku jest wyraźnie narzucony przez wymiary i kształt urządzeń instalowanych wewnątrz (rys. 20).

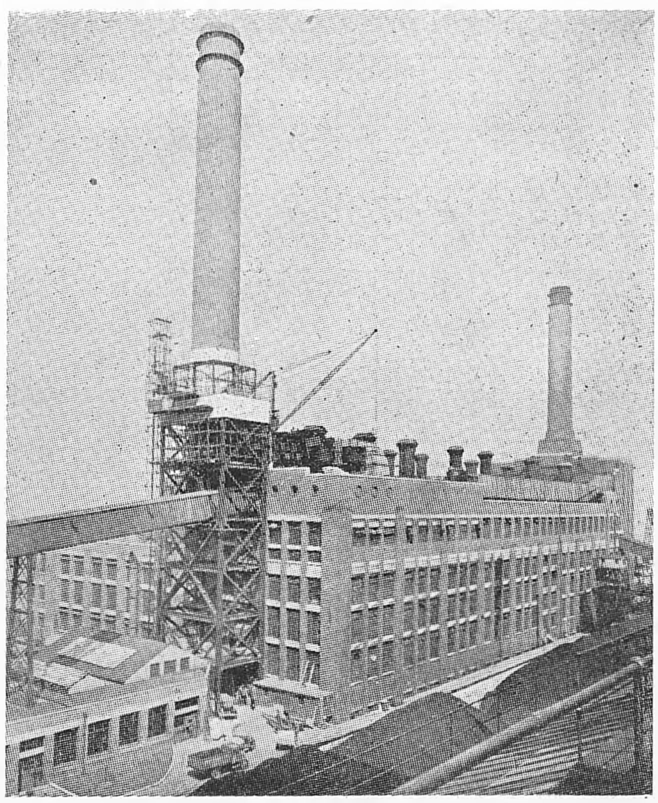
Aczkolwiek konstrukcja budynków większości nowoczesnych elektrowni angielskich jest wykonana ze stali, to jednak w Preston, Cardiff, Carlisle i Hams Hall „B" zastosowano konstrukcję żelazobetonową. W 1938 r. konstrukcja taka dla dużych budynków była tańsza od stalowej. Obecnie wobec wysokiej ceny drzewa (na szalowanie) ogólny koszt jest ten sam. Lepsze zabezpieczenie przeciwpożarowe żelazobetonu w stosunku do konstrukcji stalowej jest poważną zaletą tego rozwiązania. Z drugiej strony zarzuca się konstrukcji żelazobetonowej sztywność i trudność późniejszych zmian. Wady te istnieją, ale nie są poważne i przy dobrym opracowaniu projektu nie stwarzają specjalnych kłopotów.

15. Czynniki gospodarcze.

Zadaniem załogi elektrowni jest wytwarzać energię elektryczną możliwie tanio w warunkach, narzuconych przez pewność ruchu i wyposażenie techniczne. Racjonalna eksploatacja wymaga często większego nakładu pracy i umiejętności, niż wybudowanie doświadczalnego zakładu o dużej sprawności — technicznie bardzo interesującego.

Przy projektowaniu elektrowni bardzo ważne jest ustalenie średniego współczynnika wyzyskania w okresie istnienia zakładu. Na podstawie danych z elektrowni zawodowych w Wielkiej Brytanii wynika, że w okresie ostatnich 20 lat średni współczynnik wyzyskania nie prze-

czynnik wyzyskania może sięgać 80%. Po tym okresie nowsze elektrownie o większej sprawności przejmą obciążenie



Rys. 20. Elektrownia Deptford West (Londyn)

żenie podstawowe. Z biegiem czasu współczynnik wyzyskania rozpatrywanej siłowni stale spada, aż w końcu obniża się do 20% lub nawet mniej, gdy elektrownia stanie się już tylko szczytową, wskutek przestarzałego wyposażenia.

W warunkach brytyjskich każda elektrownia, wymagająca współczynnika wyzyskania większego od 50% dla ekonomicznego uzasadnienia projektu, jest stratą finansową, co zwiększa średni koszt energii elektrycznej. Ilustruje to przykład elektrowni w Nechell, gdzie przy średnim współczynniku wyzyskania ok. 40% i przy obecnej cenie węgla nie opłaciło się przekroczyć 46 atn i 455° C.

Tabl. XII podaje ekonomiczny współczynnik wyzyskania, konieczny dla usprawiedliwienia wyboru parametrów pary w zależności od ceny paliwa. Założono przy tym niezmienną moc zainstalowaną i niezmienny koszt obsługi i utrzymania dla wszystkich pozycji tablicy.

Wzrost kosztu obsługi i utrzymania lub zmniejszenia mocy zainstalowanej zakładu wysokoprężnego wpływa na zwiększenie ekonomicznego współczynnika wyzyskania.

Jeśli przyjmiemy wzrost kosztu produkcji energii elektrycznej o 0,001 d/kWh przy przejściu z 46 atn na 63 atn lub z 63 atn na 84 atn, co jest zupełnie uzasadnione, to otrzymamy tablicę XIII, z której widać, że dla średniego współczynnika wyzyskania w okresie „życia" elektrowni (np. 20 lat) ok. 40% decydującym czynnikiem dla wyboru parametrów pary będzie cena paliwa:

cena węgla (sh/t)	parametry pary
< 54,2	46 atn/440° C
54,2 — 67,0	63 atn/482° C
> 67,0	84 atn/496° C

LITERATURA

1. Lawton F. W. Recent Developments in Power Station Practice (1947)
2. Molloy E. Electrical Engineer Reference Book (1945)
3. Gaffert G. A. Steam Power Stations (1940)
4. Carr T. H. Electric Power Stations (1944)
5. Matthews F. J. Boiler Feed Water Treatment (1948)
6. Carr T. H. Considerations in the Design and Layout of Power Station Auxiliaries (Cheap Steam, 1943)
7. Linden A. J. Investigations into Cyclone Dust Collectors (Journal I. M. E., 1947)
8. Lambert D. E. & Christie J. Standardization of Switchgear (Journal I. E. E., 1948)
9. Brown F. J. Stoker Ratings for Modern Generating Stations (Electrical Times, 1944)
10. Fielding C. H. Cooling Water by Cooling Towers (Engineering)
11. Pochobradsky B. Economic Factors of Power Production by Steam Plant (G. E. C. Journal)
12. Clinch W. W. C. Some Operating Experiences with High Preassure Steam Power Plant (Journal I. E. E.)

KAZIMIERZ KOPECKI
Prof. Politechn. Gdańskiej

O wyborze parametrów pary wielkich elektrowni*)

1. Koszty elektrowni jako funkcja ciśnienia.

Utarł się pogląd, że przy tej samej mocy netto koszt elektrowni rośnie ze wzrostem przyjętego ciśnienia. Inż. Ney, opierając się na pracy Schrödera [2], wyraża pogląd przeciwny, a mianowicie, że dobrze zaprojektowana, sprawniejsza siłownia powinna być jednocześnie tańsza na 1 kW mocy zainstalowanej.

Na wstępie ustalmy, że rozpatrywać będziemy nie koszt na 1 kW mocy zainstalowanej, lecz na 1 kW mocy oddawanej netto, co jest ważne z tego względu, że jak wiadomo — poczynając od 30 do 40 at — ze wzrostem ciśnienia rośnie procent mocy oddawanej na potrzeby własne elektrowni **), a tym samym przy jednakowej mocy zainstalowanej maleje nieco moc oddawana netto. Moc netto jest wielkością, która nas ostatecznie interesuje.

Schröder (1941 r.) po rozpatrzeniu różnych względów, które mogą wpływać na koszt elektrowni, twierdzi dosłownie, co następuje: „Gdy przy należycie zbudowanych siłowniach nie następuje wskutek przyjęcia wyższego ciśnienia żaden wzrost kosztu, a w niekorzystnych przypadkach najwyżej w granicach 0 — 5%, to wskutek innych wpływów może nastąpić podrożenie do 40%, tak że siłownie na 125 ata z przegrzaniem międzystopniowym staną się znacznie tańsze od siłowni na 64 ata. Ciśnienie zatem może nabrać... podrzędnego znaczenia jako czynnik uboczny nieznacznie wpływający na koszt".

Pamiętać jednak należy, że m. inn. w Niemczech elektrownie na 125 ata z przegrzaniem międzystopniowym stały się dlatego tańsze, że można było zastosować temperaturę przegrzania na kotle 450° zamiast 500°, dla której to temperatury w czasie wojny brakło materiałów.

Moglibyśmy się zgodzić zresztą z faktem znanym skądinąd, że zastosowanie przegrzania międzystopniowego (a nie samo podwyższanie ciśnienia) obniża jednostkowe koszty elektrowni. Uzasadnienie cyfrowe jednak, które do tego daje Schröder, oraz generalizowanie tego w stosunku do elektrowni bez przegrzania międzystopniowego musi budzić zastrzeżenia. Schröder bowiem porównuje cyfrowo koszt projektowanej elektrowni na 125 ata i 64 ata, ale zamiast przeliczyć wpływ różnych czynników (jak różnice w ilości pary, zużyciu ciepła itd.) wycenia „działania" i „przeciwdziałania", np. zniżce kosztu wskutek zmniejszenia ilości pary przeciwstawia „przeciwdziałanie" w przyjętej nie wiadomo dlaczego wysokości 1/3.

Interesujące jest natomiast u Schrödera porównanie kosztu 10 wielkich niemieckich elektrowni (rys. 20 w pracy inż. Neya). Schröder jednak sam przyznaje, że cyfry musiał odpowiednio dostosować, aby oczyścić od wpływów innych czynników, i ostrzega, że do takich porównań należy przystępować z wielką ostrożnością, w czym musimy mu przyznać pełną rację. Co więcej — musimy ustalić tezę, że z danych statystycznych co do wykonanych elektrowni jest obiektywnie wprost niemożliwe wyeliminowanie czynników w danym zagadnieniu ubocznych, a wszelkie subiektywne „oczyszczanie" jest nieprzekonywające. Koszt bowiem elektrowni jest tylko w bardzo wąskich granicach — rzędu kilku procentów — zależny od wysokości ciśnienia i z tym związanych zmian (temperatury, ilości mediów w obiegu, zużycia własnego), natomiast inne czynniki wpływają bez porównania silniej — rząd kilku do kilkudziesięciu procentów.

Spośród tych czynników wymienimy najsilniej działające:

1) fundamentowanie,

2) ujęcie wody,

3) wymagania co do rozmiaru i rozmieszczenia budynków, wielkości zapasu węgla,

4) wymagania co do stopnia odpylania i komina,

5) fantazja, zdolność i poziom doświadczenia projektantów (łącznie z architektem),

6) stan wykończenia projektu przed rozpoczęciem budowy,

7) trudności materiałowe, konkurencja firm, poziom cen rynkowych,

8) wymagania co do rezerwy (np. w urządzeniach pomocniczych, rurociągach) i co do łatwości kontroli obsługi.

Przy tak silnym wpływie czynników ubocznych trudno rzeczywiście znaleźć z cyfr statystycznych zależność kosztu od ciśnienia. Dla przykładu przyjrzyjmy się podanym w tabl. I kosztom dwu nowszych elektrowni amerykańskich [4].

Z porównania wynikałoby, że tańsza jest elektrownia wyższego ciśnienia. Jeżeli zaczniemy jednak eliminować koszty, których różnica albo których wielkość nie jest uzasadniona różnicą ciśnienia, np. fundamenty, teren, rozdzielnia itd., to zależnie od sposobu przeprowadzenia tej eliminacji potrafimy według własnej woli udowodnić róż-

*) Uwagi do artykułu inż. W. Neya (PE, 1948, z. 10/11, str. 379—393)

**) W nowoczesnych elektrowniach moc urządzeń pomocniczych w stosunku do mocy zainstalowanej wynosi około 4% dla ciśnienia na zaworze wlotowym rzędu 40 at, około 6% dla ciśnienia rzędu 130 at (chłodzenie rzeczne); dla chłodzenia wieżowego moc ta wynosi odpowiednio 4, 5 i 6,5% [3].

nicę kosztów na korzyść jednego lub drugiego ciśnienia *). Takie porównywanie więc do niczego nie prowadzi, a miarodajne może być tylko przeliczenie tej samej elektrowni, wykonanej w tych samych warunkach, lecz dla różnych ciśnień.

Jaka jest więc prawdziwa zależność kosztu inwestycyjnego elektrowni od ciśnienia?

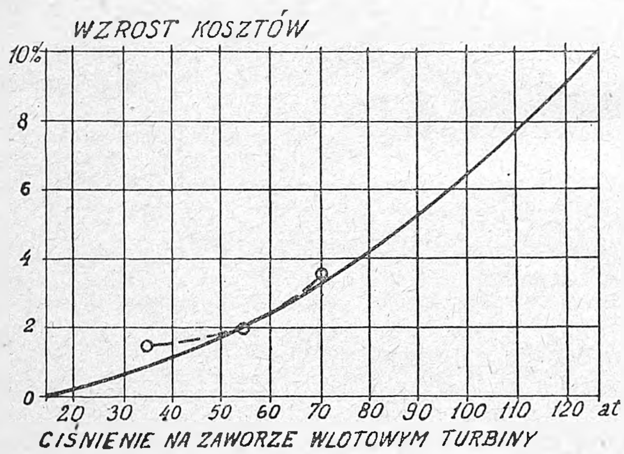
Odpowiedź na to pytanie (jeżeli pominiemy elektrownie z przegrzaniem międzystopniowym, które mimo zachęcających wyników obecnie nie wchodzą w rachubę) jest na razie u większości autorów, poza Schröderem, taka: podwyższanie ciśnienia podwyższa koszty inwestycyjne.

Tablica I. Porównanie kosztu elektrowni na 28 i 98 at

Koszt inwestycyjny	Elektrownia Toronto 140 MW, 28 at ($/kW)	Elektrownia Deepwater, 159 MW, 98 at ($/kW)
Teren	0,82	1,57
Roboty terenowe	1,64	0,21
Skład węgla	4,42	4,48
Ujęcie wody	—	2,68
Fundamenty	15,93	4,16
Budynki	10,78	10,11
Rurociągi (bez rurociągów wody chłodzącej)	4,75	5,09
Wyposażenie kotłowni	23,41	31,01
Wyposażenie maszynowni	26,47	21,34
Rozdzielnia	12,11	8,98
Wyposażenie kontrolne	2,43	5,37
Nawęglanie	4,67	3,19
Podstacja	6,68	6,62
Prace wstępne	0,74	0,50
Razem	113,85	105,31

1. Musil (r. 1942) [5] przyjmuje wzrost kosztu pomiędzy elektrownią wykonaną na ciśnienie dolotowe turbiny 30 i 90 ata w wysokości 5%.

2. Ricard (r. 1948) [6] przelicza przykład, w którym — w tych samych warunkach co Musil — otrzymuje wzrost 7%, pisząc ponadto, co następuje: „Może zresztą okazać się w przyszłości, że seryjna konstrukcja materiału na



Rys. 1. Wzrost kosztów inwestycyjnych elektrowni spowodowany zwiększeniem ciśnienia według Baumanna [7]
Elektrownia kondensacyjna, temperatura pary dolotowej 482° C, chłodzenie rzeczne. Kreskowane wartości z obliczeń dla projektu polskiego

wysokie ciśnienia zredukuje jeszcze tę różnicę kosztów. Niektórzy autorzy doszli obecnie do wniosku, że elektrownia na 100 ata nie powinna kosztować więcej niż elektrownia na niskie ciśnienie. Byłoby jednak rzeczą nierozsądną opierać się na razie na tej konkluzji". Pogląd Ricarda, który jest naczelnym inżynierem wydziału siłowni „Electricité de France" i profesorem Ecole Supérieure d'Electricité jest niewątpliwie godny uwagi.

*) Należy tu jeszcze nadmienić, że w ogóle ceny wszelkich ważniejszych elementów energetycznych wykazują na rynku międzynarodowym dla tych samych parametrów rozbieżności w granicach 20—50% zależnie od typu przyjętego przez poszczególne firmy, a przede wszystkim od koniunktury, od polityki handlowej koncernów, a nawet po prostu ze względów politycznych.

3. Baumann (r. 1948) [7] dawniej — opierając się na pracach Guy'a z 1928 r. — przyjmował, że podwyżka ciśnienia o 7 at kosztuje 6 sh/kW przy 42 at i 9 sh/kW przy 63 at. Ciągły postęp w budowie kotłów i turbin spowodował, że podwyżka ta zmalała o 1/3 i w r. 1948 wynosiła 4 i 6 sh/kW, ponieważ jednak koszt 1 kW zainstalowanego podwoił się (z około 500 sh/kW na ok. 1000 sh/kW), więc realna procentowa podwyżka spadła do 1/3 wartości sprzed 20 lat. Obecne wartości zwyżki według Baumanna [7] podaje rys. 1; wynoszą one ok. 5% w granicach między 30 i 90 ata.

4. W projekcie wstępnym pewnej elektrowni polskiej próbowaliśmy przeliczyć rzeczywisty koszt elektrowni dla różnych parametrów pary przy następujących założeniach [6]: wielkość siłowni 3×50 MW, chłodzenie rzeczne, $t_2 = 15^0$.

1. Oznaczenia :

P_{bm} moc brutto prądnic (w kW) dla niezmiennej mocy netto jednostki 47,5 MW,

C_{vm} ilość ciepła wytwarzanego przez kotłownię (w kcal/h),

q_m ilość pary wytwarzanej przez kotłownię (w kg/h),

C_{cm} ilość ciepła wymienionego w kondensatorze (w kcal/h),

c_{bm} zużycie brutto paliwa na 1 kWh netto oddaną (w kcal/kWh).

2. Koszt urządzeń przy równych warunkach rośnie jak moc (wydajność) do potęgi 0,7.

3. Koszty urządzeń są proporcjonalne:

a) prądnice, tablice rozdzielcze i transformatory do $P_{bm}^{0,7}$;

b) ujęcie wody, kondensacja, pompy chłodzące do $C_{cm}^{0,7}$;

c) zaczepowe podgrzewacze wody, zbiorniki, rurociągi niskiego ciśnienia, urządzenia do ulepszania wody do $q_m^{0,7}$ (oprócz tego podgrzewacze pod ciśnieniem powodują dodatkowe koszty spowodowane zmianą ciśnienia przyjętego w wysokości 0,4 (p — 56) %, gdzie p ciśnienie w ata);

d) pompy zasilające, rurociągi zasilające oraz rurociągi wysokiego ciśnienia do $q_m^{0,8} \cdot p^{0,6} \cdot v^{0,4}$ (wzór na wagę rurociągu dla jednakowej straty ciśnienia procentowej, v — objętość właściwa pary), wszelako dla pary o 440° rurociągi są ze względu na dopuszczalne wyższe naprężenia tańsze o 40%;

e) kotły do $q_m^{0,7}$; ponadto ze względu na różnicę ciśnienia koszt kotła zmienia się, jak następuje *):

ciśnienie znamionowe kotła ata	41	60	65	81
względny koszt przy tej samej ilości t/h, z uwzględnieniem różnej temperatury przegrzania	0,9	1,0	1,03	1,12

f) paleniska, młyny, palniki, wentylatory, odpylanie, kominy, budynek kotłowni, fundamenty kotłów, skład węgla, nawęglanie, odpopielanie proporcjonalne do $c_{bm}^{0,7}$.

Wyniki obliczenia podają tabl. II i III. Wyniki te, jakkolwiek przybliżone, dają ważne wskazówki przy projektowaniu co do wpływu różnych czynników na koszty elektrowni. Przede wszystkim wykazują one, że różnice kosztu spowodowane jedynie zmianą parametrów pary są — a raczej winny być — dzisiaj niewielkie, a więc są trudne do wykrycia metodami statystycznymi w powodzi innych czynników ubocznych. Dlatego podajemy w wątpliwość opinię i metodę Schrödera. Poza tym wyniki powyższe potwierdzają ogólną zasadę, że koszty elektrowni rosną z ciśnieniem, przy czym ekstrapolowana zmienność w granicach ciśnienia dolotowego 30 i 90 ata wynosi około 3%, a zatem mniej niż obliczona przez in-

*) Ta wartość jest na razie w naszych warunkach niepewna, a decyduje o globalnym koszcie elektrowni. Przyjęto według danych dawniejszych firmy Babcock, przy czym różnice zmniejszono ze względu na dzisiejsze postępy do połowy.

nych autorów. Wobec wątpliwości co do kosztu kotła przy różnych ciśnieniach (ceny różnych wykonań różnią się w granicach 50%) największej zaufania budzą cyfry podane przez Baumanna (rys. 1).

2. Dobór ciśnienia gospodarnego.

Ciśnieniem gospodarnym (ekonomicznym) nazywamy ciśnienie, przy którym są:

a) najniższe koszty wytwarzania (gospodarność ogólna — w Ameryce „dollar efficiency") albo

b) najniższe koszty paliwa (gospodarność cieplna, fuel efficiency).

Przy założeniu 5% wzrostu kosztu elektrowni między 30 a 90 ata, jak na rys. 1, i przy założeniu zużycia cieplnego brutto (łącznie ze stratami i zużyciem własnym) na kWh oddaną netto, jak na rys. 2, otrzymujemy, że najniższe koszty wytwarzania elektrowni kondensacyjnych z chłodzeniem rzecznym występują przy ciśnieniach gospodarnych (w rozumieniu ogólnej gospodarności) podanych na rys. 3. Elektrownie z chłodzeniem wieżowym mają przy tych samych ciśnieniach większe zużycie i skutkiem tego ciśnienia gospodarne są o około 9 at wyższe.

Ciśnienie gospodarne jest funkcją „spółczynnika gospodarczego elektrowni" k_g, który wyraża się wzorem

$$k_g = \frac{k_p \cdot n}{Q \cdot p}\left(\frac{50\,000}{K}\right),$$

gdzie k_p koszt paliwa loco elektrownia w zł/t,
Q wartość kaloryczna paliwa (dolna) kcal/kg,
n stopień wyzyskania mocy zainstalowanej elektrowni $= \dfrac{\text{praca roczna elektrowni}}{\text{moc zainstalowana} \cdot 8760}$
p wysokość kosztów stałych rocznych jako ułamka kosztów inwestycyjnych,
K koszt inwestycyjny zł/kW,
50 000 liczba redukująca wyraz w nawiasie do jedności dla obecnych kosztów 50 000 zł/kW.

Spółczynnik k_g wynosi obecnie:

w Polsce przyjmując $k_p = 1000$ zł/t, $n = 0{,}5$, $Q = 5\,500$ kcal/kg, $p = 0{,}1$, $K = 50\,000$ zł/kW $k_g = 0{,}91$

w tych samych warunkach przed wojną było $k_p = 20$ zł/t, $K = 450$ zł/kW $k_g = 2{,}02$

w Anglii $k_p = 40$ sh/t, $n = 0{,}5$, $Q = 5570$ kcal/kg, $p = 0{,}1$, $K = 1000$ sh/kW $k_g = 1{,}8$

we Francji $k_p/Q = 190 \cdot 10^{\,2}$ fr./kcal, $n = 0{,}5$, $p = 0{,}1$, $K = 16\,000$ fr./kW $k_g = 3{,}3$

Odpowiednie ciśnienia gospodarne dla dużych elektrowni o chłodzeniu rzecznym są następujące (rys. 3):

Polska	obecnie (stosunkowo tani węgiel w porównaniu z kosztem inwestycyjnym)	48 at
	przed wojną	66 at
Anglia	(1948)	63 at
Francja	(bardzo drogi węgiel w porównaniu z kosztami inwestycyjnymi) ponad ..	80 at

Te same ciśnienia gospodarne dla chłodzenia wieżowego są, jak już wyżej podano, o 9 at wyższe.

Angielskie elektrownie są obecnie rozbudowywane zgodnie z tymi założeniami, o czym szczegółowo pisze inż. Ney. [1]. Z tego jednak naszym zdaniem nie wynika, żebyśmy musieli koniecznie budować elektrownie na ciśnienie dolotowe rzędu 48 at, chociaż niewątpliwie przy dzisiejszej cenie węgla dałyby one najniższe koszty wytwarzania. Tutaj dochodzimy do tego samego wniosku co

Tablica II. Zmienność zasadniczych wielkości zależnie od ciśnienia

Ciśnienie znamionowe kotła	at	40	64	80
Temperatura przegrzania	°C	450	500	500
Ciśnienie pary dolotowej	at	35	55	70
Temperatura pary dolotowej	°C	440	485	485
Liczba zaczepów		3	3	4
Temperatura podgrzania wody	°C	170	186	213
Stosunek P_{bm}		1	1	1,001
C_{vm}		1,068	1	0,988
q_m		1,072	1	1,047
C_{cm}		1,109	1	0,982
c_{bm}	kcal/kWh	3345	3134	3098

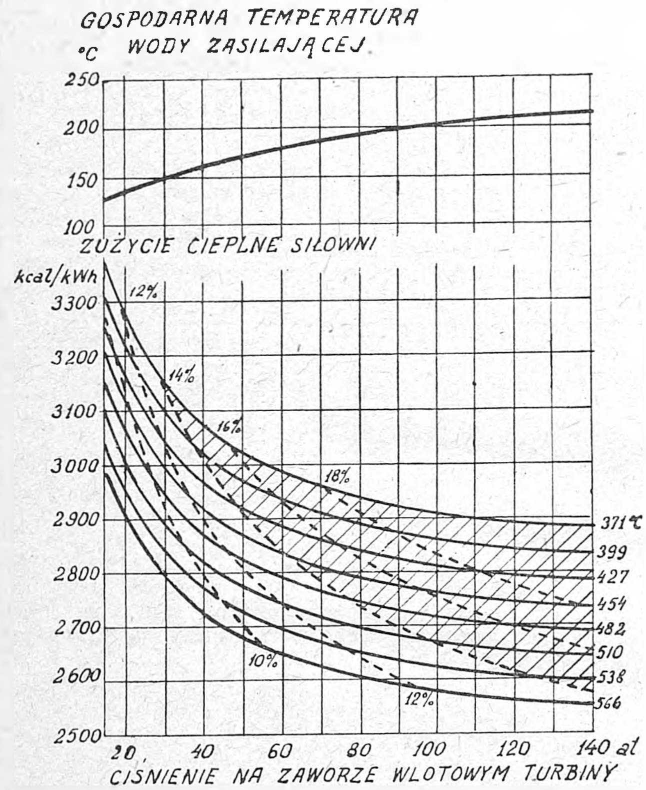
Tablica III. Koszt elektrowni zależnie od ciśnienia (w ‰)

Ciśnienie pary dolotowej (at)	35	55	70
I. Różne			
Budynki poboczne, urządzenie warsztatu, woda surowa, powietrze sprężone, oświetlenie, koszty wstępne	9,0	9,0	9,0
II. Elektryczne urządzenia			
Prądnice	4,5	4,5	4,5
Rozdzielnie wysokiego i niskiego napięcia, transformatory	14,0	14,0	14.0
III. Maszynowe urządzenia			
Turbiny	9,5	9,5	9.5
Ujęcie wody, kondensatory, pompy chłodzące	5,9	5,5	4,83
Podgrzewacze wody zaczepowe	1,16	1,2	1,31
Pompy zasilające i rurociągi zasilające	1,135	1,4	1,675
Rurociągi pary wysokiego ciśnienia	0,558	1,0	1,067
Zawory	0,7	1,0	1,2
Zbiorniki, rurociągi różne niskiego ciśnienia, ulepszanie wody	3,15	3,0	3,095
Budynek maszynowni, fundamenty	7,0	7,0	7,0
IV. Kotłownia			
Kotły	13,22	14,4	16,15
Paleniska, młyny, palniki, wentylatory, odpylanie, kominy	10,47	10,0	9,85
Kontrola automatyczna, instrumenty pomiarowe	1,5	1,5	1,5
Budynek kotłowni, fundamenty	9,42	9,0	8,86
Skład węgla, drogi, nawęglanie, odpopielanie	8.38	8,0	7,88
Razem	99,6	100,0	101.4

inż. Ney, aczkolwiek na nieco innej drodze: ciśnienie elektrowni naszych należy obrać możliwie wysoko. Uzasadnienie tego z naszego punktu widzenia jest następujące:

1) cena węgla jest względnie niska i stosunek kosztu inwestycji do ceny węgla, który jest dwa razy wyższy niż przed wojną, może się zmienić;

2) węgiel jest naszym bardzo cennym zasobem gospodarczym i to zasobem nieodnawialnym i dlatego winien



Rys. 2. Zużycie cieplne siłowni według Baumanna [7]

Uwzględniono zużycie własne, chłodzenie rzeczne. Sprawność kotłów 88%. 5-stopniowe podgrzewanie wody do temperatury gospodarnej podanej na górze. Próżnia 0,033 ata.

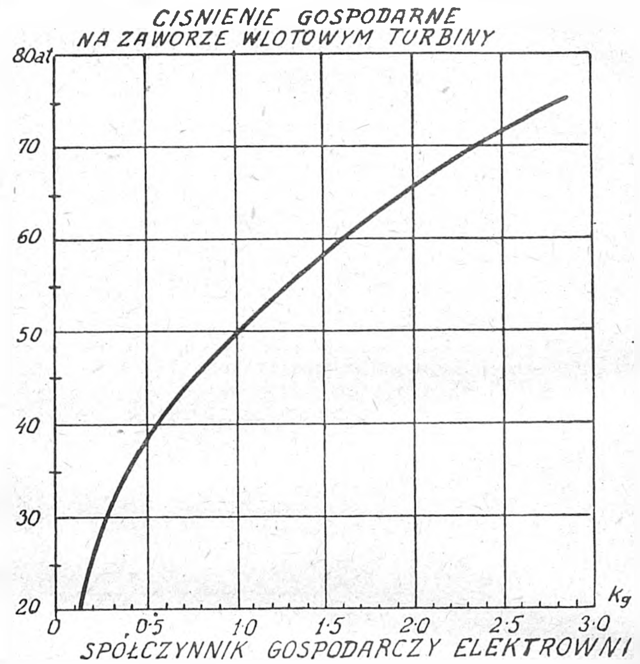
być oszczędzany bez względu na chwilowe korzyści, to jest nawet kosztem zainwestowania nieco wyższych kwot w elektrowniach;

3) decydując się na pewne jednolite wyższe ciśnienie, obniżamy wzrost kosztu, który i tak jest bardzo nieznaczny;

parametrów elektrowni niezależnie od warunków lokalnych.

3. Wybór ciśnienia pary ze względu na normalizację parametrów.

a) Najwyższe ciśnienie jest określone — przy danej temperaturze przegrzania 500° na kotle, którą będziemy



Rys. 3. Ciśnienie gospodarne elektrowni jako funkcja spółczynnika gospodarczego elektrowni k_g według Baumanna [7]

starali się podnieść, ale której na razie mimo niewątpliwie dużych korzyści prawdopodobnie nie będziemy mogli przekroczyć — procentem wilgotności pary odlotowej. Tabl. IV podaje odpowiednie dane dla ciśnienia dolotowego 71 i 56 ata.

Dawniej uważano granicę 10—11% wilgotności pary za nieprzekraczalną. Elektrownia Hellegate miała swego czasu duże trudności z pierwszą jednostką, dla której zastosowano wilgotność pary odlotowej ponad 12%: co pół roku musiano wymieniać łopatki na jednym wylocie turbiny, a następną jednostkę wykonano dla wilgotności niższej przez obniżenie sprawności wewnętrznej.

Tablica IV. Wilgotność pary odlotowej przy dwu różnych ciśnieniach

Ciśnienie w kondensatorze p_2	ata	0,04	0,07
Chłodzenie		rzeczne	wieżowe
Temperatura wody chłodzącej	°C	15	27
Sprawność wewnętrzna turbiny (suchej pary) η_i		0,82 — 0,85	0,82 — 0,85
Ciśnienie znamionowe kotła	at	80	80
Ciśnienie dolotowe*) przy temperaturze 485° .	ata	71	71
Wilgotność pary odlotowej	%	11,8 — 13,5	10,5 — 12,5
Ciśnienie znamionowe kotła	at	64	64
Ciśnienie dolotowe*) przy temperaturze 485° .	ata	56	56
Wilgotność pary odlotowej	%	10,3 — 12,5	9,3 — 10,8

4) na szczęście zmienność kosztów wytwarzania w pobliżu punktu ekonomicznego jest bardzo niewielka.

Baumann [7] wykazuje, że

wzrost ciśnienia pary o	10	20	30	%
podwyższa ogólne koszty wytwarzania o	0,028	0,143	0,319	%
mimo obniżenia kosztów paliwa o	0,622	1,243	1,93	%

Zmiana więc ciśnienia od ciśnienia gospodarnego w górę lub w dół o ± 25% podwyższa koszty wytwarzania tylko o 0,2%, co sprzyja: a) podwyższaniu ciśnienia ze względu na oszczędzanie paliwa (uzyskanie najwyższej gospodarności cieplnej) i b) zmianie ciśnienia celem normalizacji

Obecnie istnieje wprawdzie tendencja do podwyższenia wilgotności do granicy 13—14% (wyjątkowo 15%), ale

*) Należy naszym zdaniem znormalizować różnicę ciśnienia pomiędzy ciśnieniem znamionowym kotła a ciśnieniem na zaworze wlotowym turbiny na 13%, z czego 5% różnicy pomiędzy ciśnieniem znamionowym a ciśnieniem roboczym kotła (wystarczające, żeby nie powodować szkodliwego działania zaworów bezpieczeństwa przy odciążeniach), 5% straty ciśnienia w przegrzewaczu i 5% straty ciśnienia w rurociągu i zaworach, wystarczającej całkowicie przy obecnych prostych układach, gdzie ze względu na krótkość rurociągów o ich przekroju decyduje nie strata ciśnienia, lecz dozwolona prędkość pary. Dalsze 5% straty ciśnienia dolotowego jest na organach zamykających i regulujących turbiny.

wielkie programy rozbudowy, w których rozchodzi się o pewność inwestycji i niezawodność ruchu, są raczej we wszystkich krajach dokonywane przy niższych procentach wilgotności. Powody tego są znane i nie ma potrzeby się nad nimi rozwodzić.

Gdybyśmy się więc nie liczyli z normalizacją ciśnienia dla obu rodzajów chłodzenia, rzecznego i wieżowego, wówczas niewątpliwie przyjęlibyśmy, jak swego czasu inne kraje, 56 ata dla chłodzenia rzecznego i wilgotności 12,5%, 71 ata dla chłodzenia wieżowego i wilgotności 12,5%, z tą różnicą, że przy dawniej wyrabianych turbinach o sprawności wewnętrznej 82% wilgotność pary nie przekraczała 10,5% przy tych samych parametrach jak wyżej. Obecnie można turbiny wykonywać ze sprawnością 85% i byłoby rzeczą niekorzystną obniżać sprawność dla uzyskania znośnej wilgotności.

b) Normalizacja jest niewątpliwie bardzo korzystna, gdyż umożliwia obniżenie kosztu inwestycyjnego przy wyższych ciśnieniach, jakkolwiek znaczenie jej może być przesadzone. Musimy pamiętać o tym, że turbiny dla chłodzenia rzecznego i wieżowego przy tych samych parametrach dolotowych muszą być różne ze względu na różne ciśnienia odlotowe (jedynie należałoby się starać o uzyskanie tych samych wymiarów fundamentów), a kotły i rurociągi i nawet zawory wysokiego ciśnienia nie są i nie staną się elementem masowej lub wielkoseryjnej produkcji, przy której korzyść z normalizacji jest duża.

Poza tym normalizacja musi się liczyć z istniejącymi licencjami, możliwościami konstrukcyjnymi i fabrykacyjnymi. Na pewno w tej płaszczyźnie sprawa jest i będzie rozpatrywana i ostatecznie zdecydowana.

c) Zanim to nastąpi, autor uważa za wskazane wysunąć następujące zastrzeżenia:

1) Elektrownia o chłodzeniu rzecznym zbudowana na ciśnienie 80/70 at nie może być tańsza od elektrowni na 64/55 at, jak to wykanano w rozdz. 1, a ponieważ byłaby wykonana na ciśnienie wyższe od gospodarnego, koszt produkcji byłby mimo mniejszego zużycia paliwa wyższy.

2) Gdyby pominąć powyższe zastrzeżenie ze względu na to, że różnice stąd powstałe są, jak wyżej podaliśmy, nieznaczne, zwłaszcza gdyby dodatnie skutki normalizacji je zniwelowały, to jeszcze pozostaje sprawa nadmiernego powiększenia wilgotności. Powiększenie do 13,5% jest, zdaniem autora, z punktu widzenia ruchowego poważną wadą, której nie równoważy niższe zużycie paliwa.

3) Wobec dużego braku mocy oraz koniecznej likwidacji starych elektrowni nasze dzisiaj projektowane elektrownie podstawowe będą za 10 lat pracować jako podszczytowe (druga strefa poniżej szczytowych) i wówczas będziemy w nich cenić nie tyle dużą sprawność, ile raczej pewność ruchu, niskie koszty utrzymania i napraw oraz łatwość rozruchu. Inne elektrownie — prawdopodobnie na znacznie wyższe ciśnienia i temperatury — wejdą w tym czasie do ruchu jako podstawowe.

4) Ponieważ elektrownie z chłodzeniem wieżowym będą usytuowane przeważnie w Zagłębiu, a zatem na tańszym paliwie, spółczynnik k_g będzie dla nich zawsze niższy, a więc ciśnienie gospodarne nie wyższe, lecz niższe lub równe ciśnieniu gospodarnemu elektrowni z chłodzeniem rzecznym.

To są powody, dla których — znając, być może, nie pełny i ograniczony zespół przesłanek — wypowiadamy się za znormalizowaniem ciśnienia zarówno jednych, jak i drugich elektrowni na poziomie 64/55 at.

LITERATURA

[1] Ney W. Poglądy na wybór parametrów pary wielkich nowoczesnych elektrowni (PE, 1948, zesz. 10/11, str. 379—393)

[2] Schröder K. Planung und Gestaltung von Dampfkraftwerken, VDI, 1941 i 1942

[3] Finniecome J. R. Considerations affecting the improvements in the thermal efficciencies of non-reheating plants at high steam pressures. Proc. I. Mech. E., 1946, t. 155, str. 134

[4] Gaffert G. A. Steam Power Stations, 1946, III wyd.

[5] Musil L. Die Gesamtplanung von Dampfkraftwerken, 1942

[6] Ricard J. Équipement thermique des usines génératrices d'énergie électrique, 1948, II wyd.

7 Baumann K. Heat Engines, 1948

INŻ. B. J. MICHELIS (GIEI)

Zagadnienia równowagi układów sieciowych, podziału obciążeń oraz ponownego włączania (M. K. W. S. E. 1948 r.)

Treść. Analizator sieciowy na prąd zmienny. Równowaga stanu ustalonego i nieustalonego. Regulacja napięcia. Współpraca układów o różnych częstotliwościach. Zagadnienia gospodarcze przesyłu energii elektrycznej.

Вопросы устойчивости электрических систем, распределения нагрузок и повторного включения (CIGRÉ). Сетевой анализатор переменного тока Устойчивость установившегося и переходного состояния Регулировка напряжения Совместная работа систем различной частоты. Экономические вопросы передачи электрической энергии.

The problems of power system stability, of load distribution and of automatic re-closing. A. C. network analyzer. Stability of the power system — steady and transient state. Voltage regulation. Co-operation between systems of different frequency. Economic problems of power transmission.

1. Wstęp.

Ogromny rozrost sieci elektrycznych, powiązanych ze sobą w wielkie układy elektroenergetyczne jest powszechnym zjawiskiem doby dzisiejszej. Powstają układy, gdzie sumaryczna moc elektrowni sięga rzędu kilkunastu milionów kW, a odległości przesyłu przekraczają nieraz 1000 km. Takiemu olbrzymiemu rozrostowi towarzyszą poważne trudności techniczne, nad których rozwiązaniem głowi się świat elektrotechniczny.

Referaty z tej dziedziny były poświęcone przede wszystkim zagadnieniom równowagi stanu ustalonego i nieustalonego, badaniom nad zjawiskami sieciowymi, dokonywanym za pomocą analizatorów sieciowych na prąd zmienny, sprawie zastosowania bardzo szybko działających wyłączników oraz sprawie samoczynnego ponownego włączania (ob. spis referatów w końcu niniejszego sprawozdania).

2. Analizator sieciowy na prąd zmienny.

Jest to pierwszorzędne urządzenie pomiarowe, za pomocą którego można zbadać w skali laboratoryjnej wszystkie najważniejsze zjawiska występujące w sieci. Analizator jest modelem elektrycznym sieci, której poszczególne części są w nim zastąpione przez równoważne im pod względem elektrycznym elementy, składające się z oporności pozornych i pojemności.

Elektrownie lub grupy elektrowni są reprezentowane przez małe jednostki generatorowe, składające się z przesuwników fazowych i regulatorów napięcia, zasilanych ze wspólnego źródła prądu zmiennego. Specjalny zespół aparatów pomiarowych może być za pomocą samoczynnego urządzenia przyciskowego włączony na dowolny punkt reprezentowanej sieci, co daje możność zmierzenia napięcia, prądu, mocy czynnej i biernej, jak również i kątów *).

Za pomocą analizatora sieciowego na prąd zmienny można:

1) określić straty całej sieci lub jej poszczególnych odcinków,

2) zmierzyć napięcia i spadki napięcia w poszczególnych punktach sieci,

3) zmierzyć niezbędną moc bierną, którą ma dostarczyć kondensator statyczny lub kompensator synchroniczny dla utrzymania napięcia w danym punkcie sieci na żądanym poziomie,

*) Por. w PE, 1947, z. 11/12: artykuł K. Żółciaka (str. 354—356) streszczenia artykułów H. A. Petersona i C. Concordii oraz W. W. Parkera (str. 358—362). — Przyp. red.

4) określić moc znamionową transformatorów stacyjnych oraz zakres regulacji i położenie zaczepów,

5) określić moc i najwłaściwsze położenie nowo-projektowanych elektrowni,

6) określić wpływ, który będzie wywierany na całość sieci przez projektowany nowy jej odcinek,

7) Znaleźć najlepsze położenie stacji rozdzielczych,

8) zbadać wpływ wywierany na sieć przy zwiększeniu obciążenia poszczególnych odbiorów,

9) zbadać wpływ wypadnięcia z ruchu poszczególnych elektrowni, stacji transformatorowych lub odcinków sieci,

10) określić znaczenie powiększenia napięcia całego układu lub zwiększenia przekroju poszczególnych torów,

11) zmierzyć prądy zwarcia w dowolnym punkcie sieci,

12) zbadać napięcia w czasie zwarcia,

13) zmierzyć największe i najmniejsze wartości prądów zwarcia celem odpowiedniego nastawienia zabezpieczeń przekaźnikowych,

14) określić najkorzystniejszy sposób uziemienia punktu zerowego,

15) określić wpływ wzajemnej indukcji torów równoległych podczas zwarcia,

16) zbadać wpływ prądu zerowego na zabezpieczenia przekaźnikowe,

17) określić wielkość i położenie kompensatorów synchronicznych,

18) zbadać wpływ obciążenie niesymetrycznego na sieć,

19) zbadać warunki równowagi stanu ustalonego,

20) określić granice równowagi stanu nieustalonego,

21) określić właściwy czas wyłączania dla rozmaitych rodzajów zwarcia,

22) zbadać wpływ szybkiego wyłączenia i ponownego włączenia odcinka sieci,

23) zbadać wpływ momentu bezwładności wirników maszyn synchronicznych na warunki równowagi stanu nieustalonego całego układu sieciowego,

24) zbadać i porównać warunki równowagi przy wyłączeniu i ponownym włączeniu 3 faz jednocześnie lub jednej tylko fazy.

Celem zmniejszenia wielkości kondensatorów oraz oporów indukcyjnych, które mają odtwarzać stałe linii, analizatory przeważnie budowane są na większą częstotliwość niż normalna, zazwyczaj na 440 lub 480 okresów.

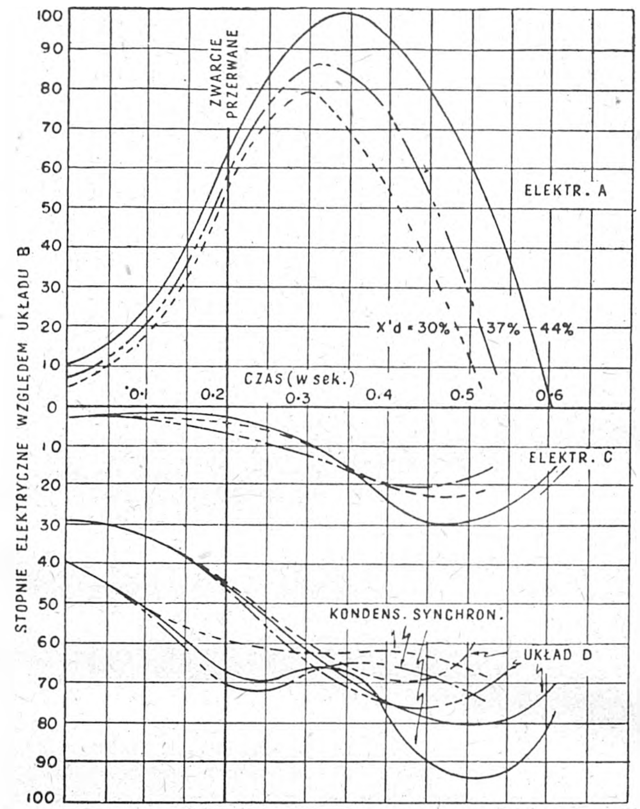
W uniwersytecie Iowa zbudowano analizator doświadczalny na 10 000 okresów, dzięki czemu zredukowano do minimum jego wymiary. Analizator ten jest w fazie prób. Rozważana jest możliwość budowania analizatorów na jeszcze większą częstotliwość.

Obecnie w stanach Zjednoczonych jest w użyciu około 20 analizatorów. Również posiadają analizatory Związek Radziecki, Francja, Kanada, a ostatnio i Wielka Brytania.

Analizator jest urządzeniem niezwykle ważnym przy projektowaniu i planowaniu nowych lub rozbudowie już istniejących elektrowni lub układów sieciowych. Również przy ustalaniu właściwych zabezpieczeń przekaźnikowych oddaje on bardzo duże usługi.

W. A. Morgan i B. Evans opisują w swym referacie sposób użycia analizatora do określenia charakterystyk układu sieciowego w Colorado, a zwłaszcza poszczególnych odcinków linii, która ma być zabezpieczona. Badania te mają za zadanie dobranie odpowiedniego typu przekaźników pozorno-oporowych, które bez tej wstępnej analizy mogą wypaść niewłaściwie. Później próby zostały powtórzone w terenie na linii i potwierdziły wyniki otrzymane uprzednio na analizatorze. Badacze ci stwierdzili, że można uzyskać dość znaczne powiększenie przesyłanej mocy — bez obawy zakłóceń równowagi dynamicznej, stosując wyłączniki o bardzo szybkim działaniu i o ponownym włączaniu, przy czym zastosowano przekaźniki sterowane prądem nośnym o dużej częstotliwości.

G. D. Floyd i H. R. Sills poruszyli zagadnienie doboru generatorów z punktu widzenia wymagań stawianych długim liniom bardzo wysokich napięć. Między innymi rozważane jest przez nich zagadnienie polepszenia warunków równowagi dynamicznej drogą zwiększenia momentu bezwładności wirnika generatora oraz jego oporności pozornej przejściowej. Przeprowadzono badania na analizatorze sieciowym dla określenia wpływu tych wielkości. Na rys. 1 podany jest wpływ wielkości oporności indukcyjnej przejściowej elektrowni A na kąty wychylenia się wirników podczas oscylacji.



Rys. 1

Podane są krzywe dla wartości $X'_d = 30\%$, $X'_d = 37\%$ i $X'_d = 44\%$.

Zmiana oporności pozornej przemijającej z 44% na 30% jest niezwykle korzystna dla warunków równowagi, gdyż kąt wychylenia wirnika zmniejszy się ze 100° na 80°.

Badania przeprowadzone na analizatorze dają wytyczne do określenia, jakim warunkom ma odpowiadać zamawiany generator.

3. Równowaga stanu ustalonego.

Szereg referatów porusza to zagadnienie. A. J. Gibbons i E. B. Powell poświęcają swą pracę zagadnieniu równowagi układów kablowych wielkomiejskich, biorąc za przykład doświadczenia robione w londyńskiej sieci kablowej. W wielkich miastach przy coraz większym stopniu zelektryfikowania życia miejskiego powstaje konieczność układania coraz to większej ilości kabli w istniejących kanałach, co powoduje nadmierne ich zagęszczenie. W rezultacie w sieci londyńskiej stało się konieczne podwyższenie napięcia przesyłu do 22 względnie do 60 kV celem sprostania zwiększonemu zapotrzebowaniu mocy. Z kolei zwiększa to prądy zwarciowe, wskutek czego konieczne jest zastosowanie ograniczających cewek indukcyjnych.

Z powodu bardzo dużej pojemności sieci kablowej prąd wyprzedza dość znacznie napięcie. W tych warunkach równowaga może być zachowana, jeżeli dla generatorów dobrano odpowiedni stosunek zwarcia. Autorzy podają metodę ustalenia tego stosunku oraz załączają wykresy kołowe dla rozmaitych warunków pracy.

Autorzy H. David i J. Favereau zajmują się zagadnieniem równowagi generatorów ze wzbudzeniem szeregowym, połączonych z wielkim układem elektroenergetycznym za pośrednictwem bardzo długiej linii. Przeprowadzono badania w celu ustalenia w jakim stopniu szeregowe wzbudzenie generatora wpływa na warunki równowagi przy dużych odległościach. Doświadczenia na modelu odtwarzającym linię o długości 1200 km ustaliły warunki równowagi statycznej i wykazały wyraźne korzyści stosowania wzbudzenia szeregowego.

W poszczególnych referatach poruszono zagadnienie równowagi przy ręcznej regulacji wzbudzenia generatorów pracujących przy niskim wzbudzeniu; stwierdzono korzystny wpływ małej oporności indukcyjnej generatorów na warunki równowagi.

Dla generatorów pracujących przy małym wzbudzeniu granica równowagi jest zależna raczej od wartości oporności indukcyjnej przechodniej X'_d niż od wartości oporności synchronicznej. Regulacja automatyczna napięcia poprawia znakomicie warunki równowagi, tak że można stosować generatory o mniejszym stosunku zwarcia.

Równowaga statyczna przy ręcznej regulacji napięcia zależna jest od wartości oporności pozornej synchronicznej, gdy dla samoczynnej regulacji napięcia równowaga ta jest funkcją oporności indukcyjnej przechodniej. Należy przy tym zauważyć, że przy wzbudzeniu szeregowym prądnic równowaga może być dotrzymana przy stosunkowo nieznacznej zmianie wielkości wzbudzenia. Regulacja szeregowa dla małych generatorów nie jest korzystna.

P. S. Żdanow w bardzo ciekawym referacie wprowadza niektóre nowe kryteria dla ustalenia warunków równowagi statycznej. Bardzo ważnym jest znak mocy synchronizującej, tj. $\frac{dP}{d\delta}$ w przypadku współpracy elektrowni z szynami zbiorczymi o mocy nieskończonej. Prof. Żdanow przytacza matematyczne rozważania, dotyczące określenia wpływu zmiany częstotliwości, charakterystyki obciążenia oraz zmiany w stanie elektromagnetycznym generatorów dla bardziej ogólnych warunków pracy.

4. Równowaga stanu nieustalonego.

W tej dziedzinie poruszono szereg zagadnień. Przede wszystkim omówiono warunki równowagi w wielkich sieciach kablowych. Tego rodzaju sieci wymagają wprowadzenia do układu cewek indukcyjnych celem ograniczenia prądów zwarcia i zmniejszenia mocy wyłączalnej wyłączników. Jednak wprowadzenie oporności indukcyjnych wpływa niekorzystnie na warunki równowagi; możemy je poprawić, wprowadzając krótkie czasy wyłączania.

W wielu referatach oraz w dyskusji, która się wywiązała, podkreślono korzyści bardzo szybko działających wyłączników z ponownym włączeniem po kilkunastu okresach. Badania przeprowadzono najpierw na analizatorze sieciowym, a potem powtórzono je w terenie; próby te wykazały olbrzymie zalety szybkiego ponownego włączania, dzięki któremu w wielu wypadkach równowaga może być zachowana.

Próby ponownego włączania przeprowadzono w Szwajcarii również w sieci na 8 kV. Wypadły one dodatnio. W 70 — 80% przypadków ponowne włączenie pozwoliło utrzymać równowagę.

Bardzo duży wpływ na polepszenie warunków równowagi ma duży moment bezwładności wirnika generatora i mała jego oporność indukcyjna przemijająca. Budowa jednak generatorów o takich właściwościach podnosi dość znacznie ich cenę. To też warunki równowagi muszą być bardzo starannie zbadane na analizatorze, nim zamówienie będzie wydane.

5. Regulacja napięcia.

W jednym z referatów poruszono warunki regulacji napięcia dla generatora, przyłączonego do bardzo długiej linii. Stwierdzono, że samoczynna regulacja napięcia powiększa granice równowagi, co umożliwia powiększenie mocy przesyłanej bez obawy zachwiania równowagi.

W referacie R. Kellera rozpatrzono zagadnienie uzależnienia regulatora napięcia od zmian częstotliwości; obciążenie osiąga wtedy charakterystykę podobną do tej, którą posiada silnik. Rozważania te mają znaczenie przede wszystkim dla elektrowni wodnych.

6. Współpraca układów o różnych częstotliwościach.

Inny referat R. Kellera poświęcony był tematowi współpracy dwu układów, pracujących przy różnych częstotliwościach i połączonych ze sobą za pomocą zespołu dwu maszyn synchronicznych. Tego rodzaju układy spotykane są w Ameryce, gdzie są okręgi pracujące przy 60, 50 i 25 okr./sek. W Europie w kilku państwach jest sieć trakcyjna na $16^2/_3$ okresów, połączona w ten sposób z normalną siecią 50-okresową. Połączenie dwóch maszyn synchronicznych nazwano „sztywnym", gdyż przy nagłych zmianach obciążenia lub zwarciach jeden układ oddziaływa dynamicznie na drugi. Autor dochodzi do wniosku, że celem zachowania równowagi dynamicznej moc takiej przetwornicy częstotliwości musi być równa co najmniej 30% mocy mniejszego układu energetycznego.

7. Zagadnienia gospodarcze przesyłu energii elektrycznej.

Z tej dziedziny zgłoszono tylko jeden referat (I. Herlitza). Tematem były rozważania przesyłu energii elektrycznej z elektrowni wodnych na rzece św. Wawrzyńca na odległość 480 km w okolice Nowego Jorku. Moc doprowadzaną założono jako 1500 MW. Rozpatrzono szereg alternatyw, a mianowicie:

1) całkowita moc 1500 MW pokryta przez elektrownię cieplną w Nowym Jorku,

2) 900 MW pokryte przez elektrownię cieplną w Nowym Jorku, a 600 MW doprowadzono z elektrowni wodnej na rzece św. Wawrzyńca,

3) 900 MW pokryte przez elektrownię cieplną w Nowym Jorku, a 600 MW przez elektrownię pompową w okolicy Nowego Jorku,

4) 1100 MW pokryte przez elektrownię cieplną w Nowym Jorku, a 400 MW dostarczone przez elektrownię wodną na rzece św. Wawrzyńca,

5) 500 MW pokryte przez elektrownię cieplną w Nowym Jorku, 600 MW pokryte przez elektrownię pompową pod Nowym Jorkiem, a 400 MW dostarczone przez elektrownię wodną na rzece św. Wawrzyńca.

Kalkulacja kosztów wytwarzania dała dla tych pięciu alternatyw kolejno następujące wyniki: 100%, 98%, 92%, 89% i 77%.

Referat wykazuje, że w niektórych wypadkach stacja przepompowywania wody, umieszczona w pobliżu odbioru, może dać bardzo poważne oszczędności. Wtedy elektrownia wodna pokrywa podstawowe obciążenie, elektrownia cieplna i pompowa pokrywają szczyty.

8. Zakończenie.

Z wyżej wymienionych tematów zagadnienia równowagi i związanego z nim stosowania wyłączników bardzo szybkich z ponownym włączaniem wzbudzały może największe zainteresowanie. Podczas dyskusji wielokrotnie potwierdzono, że bez analizatora sieciowego na prąd zmienny trudno przeprowadzać badania na właściwym poziomie. Ze względu na realizację planu 6-letniego tematy poruszone mają również duże znaczenie dla Polski.

SPIS REFERATÓW KONGRESOWYCH

G. D. Floyd & H. R. Sills (Kanada). Etude et construction d'alternateurs repondant aux exigences des transmissions à longue distance au Canada. (Ref. 131)

H. David & J. Favereau (Francja). Stabilité des alternateurs à excitatrice série relies par une longue ligne à un reseau de grande puissance. (Ref. 305)

A. J. Gibbons & E. B. Powell (W. Brytania). Influence de la conception et du régime de fonctionnement des grands reseaux electriques metropolitains sur leur stabilité. (Ref. 318)

W. A. Morgan & B. Evans (Stany Zjedn. Am.). Exigences de stabilité d'un système de transmission d'énergie determinées par l'étude du réseau réduit pour alternatif et fonctionnement d'exploitation vérifié par des essais sur défauts provoqués. (Ref. 319)

P. Sztrokay (Węgry). Le nouveau développement de l'équipement des locomotives monophasées à 50 p à convertisseur de phases et l'influence du service de traction sur le réseau industriel. (Ref. 321)

Dr Seidner (Węgry). Transmission à grande distance à puissance constante. (Ref. 323)

R. Keller (Szwajcaria). Le réglage simultané de la fréquence et de la tension des groupes générateurs. Son incidence sur la régularisation du debit des turbines dans les centrales au fil de l'eau. (Ref. 324)

R. Keller (Szwajcaria). Le couplage rigide des réseaux à fréquences differentes. (Ref. 326)

P. O. Bobo, H. A. Travers & E. E. George (Stany Zjedn. Am.). Emploi des tables à calcul à courant alternatif pour l'étude et l'exploitation des réseaux electriques. (Ref. 328)

O. Naef & J. Wild (Szwajcaria). Résultats d'exploitation et d'essais avec réenclenchement rapide automatique dans un réseau aérien à 8 kV. (Ref. 331)

I. Herlitz (Szwecja). Problème concernant l'exploitation d'une ligne à haute tension et à longue distance. (Ref. 406)

P. S. Żdanow (Z. S. R. R.). O kritieriach staticzeskoj ustojczywosti elektriczeskich systiem.

INŻ. WACŁAW FISCHER

Wybór systemu samoczynnego ponownego włączania w sieci ogólnokrajowej

Treść. Rodzaje stosowanych rozwiązań; względy miarodajne dla wyboru systemu; specjalne warunki dla działania zabezpieczeń i napędów; ograniczenie stosowalności systemu jednofazowego próbnego wyłączania; warunki dla budowy wyłączników ze względu na dejonizację przerwy łukowej i chłodzenie styków; zestawienie kryteriów porównawczych i wnioski końcowe.

Выбор системы автоматического повторного включения для общегосударственной сети. Обзор применяемых способов включения, основания для выбора способа; специальные условия для действия защитных устройств и приводов; ограничение области применения однофазного пробного включения; условия для постройки выключателей в связи с деионизацией дугового промежутка и охлаждением контактов, сопоставление мнений и выводы.

Selection of the method of automatic reclosing in a national electric system. Various methods adopted for solving this problem; considerations authoritatif for the selection of the method; special conditions for the working of protective and operation devices; limitation of the applicability of the single-phase test reclosing system; terms and conditions for the construction of circuit breakers with due allowance for deionisation of the arc-gap and cooling of contacts; summary of the criterions of comparison; conclusions.

1. Wstęp.

W miarę rozwoju energetyki i pojawiających się nowych rozwiązań stawia się wyłącznikom coraz wyższe i różnorodniejsze wymagania. Z jednej strony stały wzrost mocy wyłączalnej, z drugiej zaś bezpośrednie uziemienie punktu zerowego najczęściej spotykane przy b. wysokich napięciach (110 kV, 220 kV), warunek przystosowania do systemu samoczynnego szybkiego włączania (dla wyłączników liniowych), narzuciły specjalne doskonalsze rozwiązania wyłączników. Poniżej porównamy dwa różne systemy samoczynnego ponownego włączania:

a) o jednofazowym próbnym wyłączeniu,

b) o trójfazowym próbnym wyłączeniu,

wpływające w znacznej mierze zarówno na wymagania co do własności (budowy) samego wyłącznika, jak i na rozwiązanie jego napędu i przekaźników sterujących. Temat ten jest bardzo aktualny wobec wprowadzania w przeważającej części sieci najwyższych napięć w Polsce rozwiązania bezpośredniego uziemienia punktu zerowego i wobec mającej zapaść decyzji co do wyboru systemu samoczynnego ponownego włączania.

2. Trzy podstawowe czynniki, miarodajne dla wyboru systemu samoczynnego ponownego włączania.

Samoczynne ponowne włączenie ma na celu ograniczenie ilości długotrwałych wyłączeń tylko do przypadków rzeczywistych uszkodzeń linii i wyeliminowanie przypadków krótkotrwałych zwarć wskutek przeskoku łuku elektrycznego. Dotyczy to, oczywiście, tylko linii napowietrznych, ponieważ zwarcia w kablach nie mają nigdy charakteru przemijającego.

Trzy podstawowe czynniki, miarodajne dla wyboru systemu samoczynnego ponownego włączania, związane są z ograniczeniem czasokresu od momentu pierwszego rozwarcia styków wyłącznika do zamknięcia ich po dokonanym pierwszym wyłączeniu zwarcia. Czynnikami tymi są:

a) Odpowiedni czas potrzebny na zgaszenie łuku oraz dejonizację przestrzeni łukowej w miejscu zwarcia do tego stopnia, aby nie nastąpił ponowny zapłon przy włączeniu; czas ten jest funkcją szeregu czynników, jak wielkość napięcia roboczego, czas trwania i przebieg prądu zwarcia, szybkość wiatru, kierunek łuku itd.; jest on przy systemie trójfazowego próbnego wyłączenia stosunkowo mały, mianowicie dla średnich napięć (do 60 kV) ok. 0,2 sek., dla wysokich napięć (do 220 kV) ok. 0,3 sek., natomiast przy systemie jednofazowego próbnego wyłączenia znacznie się powiększa ze względu na indukowanie w wyłączonym przewodzie (fazie) przez przewody niewyłączone dużego stosunkowo napięcia, dochodzącego do 20% napięcia roboczego.

b) Górna granica okresu zaburzenia, tj. sumy czasu zasilania zwarcia oraz przerwy beznapięciowej do ponownego włączenia, ze względu na stateczność pracy równolegle połączonych generatorów. Warunek stateczności jest również w pewnym stopniu ważny dla przypadku linii zasilanej jednostronnie, do której drugiego końca przyłączone są jako odbiory silniki synchroniczne, względnie asynchroniczne.

Określenie maksymalnego czasu ze względu na stateczność pracy równoległej generatorów synchronicznych jest zagadnieniem bardzo skomplikowanym, zależnym od wielu czynników. Ogólnie stwierdza się, że warunki stateczności są tym korzystniejsze, im wyższe są moce wirujące połączonych linią układów w stosunku do mocy przenoszonej tą linią. Przyjmuje się zasadę, że system samoczynnego próbnego trójfazowego wyłączenia daje się zastosować, jeśli moc wirująca zasilających układów jest co najmniej cztery razy większa od mocy przenoszonej linią łączącą układy, przy czym równolegle pracujące linie jak i zmniejszenie czasu własnego wyłączników i przekaźników poprawiają znacznie warunki stateczności.

Należy zauważyć od razu, że ograniczenie czasu zaburzenia warunkiem stateczności w ogóle nie wchodzi w rachubę dla systemu jednofazowego próbnego wyłączenia, ani w przypadku sieci zamkniętej (dwustronne zasilanie) dla systemu trójfazowego próbnego wyłączenia.

c) Górna granica okresu zaburzenia (ob. wyżej punkt b) ze względu na pracę grupy odbiorników — silników elektrycznych. Dla silników asynchronicznych dopuszcza się czasokres zaburzenia do 1 sek. bez zasadniczego wpływu na jakość procesów produkcyjnych, związanych z napędem (np. maszyny przędzalnicze).

Podobnie jak w punkcie b) ograniczenie czasu zaburzenia warunkiem ciągłości pracy silników elektrycznych jest ważne tylko dla systemu trójfazowego próbnego wyłączenia i to w przypadku sieci otwartej (jednostronnego zasilania). W tym przypadku musi podlegać koordynacji ochrona silników elektrycznych, mianowicie należy albo całkowicie wyeliminować indywidualną ochronę napięciowo-zanikową na silnikach, albo połączyć ją z odpowiednio nastawionym członem opóźniającym. Również dla silników synchronicznych należy dać takie ograniczenia, jak dla generatorów ze względu na stateczność pracy, przy czym winny one mieć zainstalowane urządzenia do szybkiego odłączenia samoczynnego w przypadku zaburzeń, nie można bowiem zapominać, że w okresie zaburzenia silnik synchroniczny może zasilać zwarcie jako generator dzięki energii zakumulowanej w ruchu wirowym, utrudniając zgaszenie łuku w miejscu zwarcia [1]).

3. Specjalne warunki dla działania zabezpieczeń i napędów przy systemie samoczynnego ponownego włączania.

Istotny dla stopnia skomplikowania zabezpieczeń przy systemie samoczynnego ponownego włączania jest wybór wielokrotności samoczynnych próbnych wyłączeń i ponownych włączeń. Praktyka wykazała dla sieci wysokiego napięcia wobec znikomego prawdopodobieństwa samoczynnego zniknięcia uszkodzenia po pierwszym nieudanym włączeniu, że ma sens tylko próba jednokrotna. Natomiast przy niższych napięciach na podstacjach bez obsługi stosuje się częstokroć drugie znacznie opóźnione włączenie (np. po 3 min.). Warunkiem wypełnienia zadań stawianych systemowi samoczynnego ponownego włączania jest zastosowanie odpowiedniej ochrony przekaźnikowej, która by szybko, wybiorczo i przy obustronnym zasilaniu możliwie równocześnie (np. system ochrony sprzężonej) odłączała układy, zasilające miejsce zwarcia. Również ważne jest odpowiednie sprzężenie i skoordynowanie pracy przekaźnika, sterującego bezpośrednio napędem wyłącznika, z samym napędem z jednej strony, z przekaźnikiem zaś ochrony wybiorczej z drugiej strony.

Szczególne wymagania stawia napędom i zabezpieczeniom system jednofazowego próbnego wyłączenia. Napędy muszą być przy tym systemie, oczywiście, indywidualne dla każdej fazy, co podraża koszt wyłącznika i komplikuje wykonanie przekaźnika sterującego napędem. Również bardziej skomplikowane i droższe wypadają przekaźniki zabezpieczenia liniowego, które muszą zapewnić wybior-

[1]) Powyższe nie jest jednak regułą i bywają przypadki, kiedy daje się dla silników synchronicznych o znacznej mocy (do 1000 kVA) opóźnienia do 0,4 sek. bez szkodliwego wpływu na współpracę w systemie samoczynnego ponownego włączania.

czość uszkodzonej fazy, a więc realizację impulsu indywidualnego na napęd fazy uszkodzonej. Przekaźniki odległościowe stosowane dotychczas w Polsce (np. firmy BBC —L3) własności tych nie posiadają. Dodać należy, że dodatkowe wymagania w rozwiązaniu przekaźników, które miała spowodować pewna odmiana omawianego systemu jednofazowego próbnego wyłączenia, polegająca na zachowywaniu, w razie trwałego uszkodzenia jednej fazy, układu w stałej pracy na dwóch pozostałych fazach (w tzw. układzie "V"), stały się nieaktualne wobec negatywnego wyniku prób.

4. Ograniczenie stosowalności systemu jednofazowego próbnego wyłączenia.

Jak wynika z dotychczas przytoczonych rozważań, system jednofazowego próbnego wyłączenia ma tę olbrzymią zaletę, że przez wyłączenie tylko tej fazy, na której powstało zwarcie z ziemią (są to najczęściej spotykane zaburzenia w sieciach napowietrznych), połączenie równoległe układów zostaje zachowane na fazach pozostałych, co ma podstawowe znaczenie dla stateczności pracy. Wzgląd ten jest szczególnie ważny przy bardzo długich liniach, co wpłynęło zasadniczo na przyjęcie prawie wyłącznie tego właśnie rozwiązania w U. S. A.

System jednofazowego próbnego wyłączania posiada jednak poważną wadę, mianowicie powoduje przedłużenie czasu gaszenia łuku z powodu przenoszonego na fazę wyłączoną indukcyjnie i pojemnościowo zasilenia z faz niewyłączonych, przez co okres beznapięciowy wymagany dla zgaszenia łuku przedłuża się do 0,5 sek. W szczególnym przypadku w sieciach z kompensacją prądów ziemnozwarciowych system jednofazowego próbnego wyłączenia nie daje się w ogóle zastosować z powodu wysokiego napięcia (40% — 80% normalnego), indukowanego w wyłączonym przewodzie przez sprzężenie pojemnościowe; napięcie indukowane w tej wysokości uniemożliwia w ogóle zgaszenie łuku w miejscu zwarcia.

Powyższe względy, jak i uprzednio opisane komplikacje w rozwiązaniu napędów indywidualnych oraz przekaźników z wybiorczością uszkodzonej fazy, wywołują często opinię, że system jednofazowego próbnego wyłączenia należy stosować tylko w tych przypadkach, gdy nie daje się zastosować ze względu na stateczność system wyłączenia trójfazowego.

5. Warunki dla budowy wyłączników ze względu na dejonizację przerwy łukowej i chłodzenie styków.

Wobec szerokiego rozwoju systemu samoczynnego ponownego włączania, w szczególności zaś rozwiązania z trójfazowym próbnym wyłączeniem, szereg wyłączników dawnego typu nie nadawał się do zastosowania dla pól liniowych nawet po przebudowie napędu; przyczyną tego było znaczne obniżenie mocy wyłączalnej przy drugim wyłączeniu w krótkim czasie po pierwszym.

Na podstawie samej zasady działania wyłączników różnych typów można stwierdzić, że dla systemu samoczynnego ponownego włączania najlepiej nadają się wyłączniki powietrzne z napędem pneumatycznym, a dla trójfazowego bardzo szybkiego ponownego włączania są jedynie one dostosowane (ze względu na szybkie działanie napędu) na bardzo dużą moc wyłączalną, gwarantującą zachowanie odpowiedniej wielkości przy drugim wyłączeniu oraz na szybką dejonizację przerwy łukowej.

Wyłączniki małoolejowe, dające znaczne ograniczenie dolnego czasokresu od chwili rozwarcia styków do momentu ponownego ich zetknięcia (niewiele poniżej 20 okr./sek., czyli 0,4 sek.) ze względu na dejonizację przerwy łukowej w wyłączniku po pierwszym wyłączeniu, znajdują przy systemie samoczynnego ponownego włączania ograniczone zastosowanie.

Przy rozwiązaniu z jednofazowym próbnym wyłączeniem wzgląd konieczności sztucznego przedłużania czasokresu stanu wyłączenia fazy, spowodowany utrudnionym gaśnięciem łuku w miejscu zwarcia (ob. ustęp 4), predystynuje właśnie do zastosowania tańsze wyłączniki małoolejowe.

Natomiast przy rozwiązaniu z trójfazowym próbnym wyłączeniem przy sieci otwartej i liniach długich mogą znaleźć zastosowanie tylko szybkodziałające wyłączniki powietrzne (np. czasokres od chwili rozwarcia styków do momentu ponownego ich zetknięcia — 10 okr./sek.).

Tablica I. Zestawienie kryteriów porównawczych dla jedno- i trójfazowego próbnego wyłączania

Kryterium porównawcze	Jednofazowe próbne wyłączanie	Trójfazowe próbne wyłączanie	
		przy sieci zamkniętej	przy sieci otwartej oraz liniach długich
Czas potrzebny do zgaszenia łuku oraz dejonizacji przestrzeni łukowej w miejscu zwarcia	do 0,5 sek.	do 0,3 sek.	
Stateczność pracy równolegle połączonych sieci	nieistotne	mało istotne	b. istotne, ograniczające czasokres zaburzenia
Praca silników elektrycznych i napędów fabrycznych	nieistotne	mało istotne	b. istotne, ograniczające czasokres zaburzenia
Koordynacja ochrony silników elektrycznych	nieistotne	ograniczenie istotne	istotne mniej lub więcej
Przekaźniki liniowe	skomplikowane	normalnie stosowane	
Napędy i przekaźniki sterujące	skomplikowane (indywidualne)	proste trójfazowe	
Czas dejonizacji przerwy łukowej w wyłączniku i chłodzenie styków	niskie wymagania	mierne wymagania	wysokie wymagania
Dopuszczalne wyłączniki	małoolejowe ze znacznym okresem dejonizacji	powietrzne lub małoolejowe ze średnim okresem dejonizacji	powietrzne z b. krótkim okresem dejonizacji i szybko działającym napędem

6. Zestawienie kryteriów porównawczych systemu jedno- i trójfazowego próbnego wyłączania oraz wnioski.

Pewien pogląd porównawczy obu rozważanych rozwiązań ponownego samoczynnego włączania daje tabl. I, będąca zestawieniem dotychczasowych rozważań. Z rozważań tych można wysnuć następujące wnioski dla wyboru rozwiązania w warunkach polskich:

a) ze względu na znacznie łatwiejszą produkcję wyłączników na bardzo wysokie napięcia małoolejowych, aniżeli powietrznych (jeden wyłącznik powietrzny równoważny w produkcji trzem małoolejowym) należałoby dążyć do wprowadzenia rozwiązania jednofazowego próbnego wyłączenia; należałoby dążyć przy tym rozwiązaniu do znacznego uproszczenia napędów indywidualnych;

b) w przypadku systemu jednofazowego próbnego wyłączania należy zwrócić uwagę na tę okoliczność, że jest

to system uniwersalny, sprowadzający się łatwo do rozwiązania trójfazowego próbnego wyłączenia przez danie równoczesnego impulsu wyłączania i włączania na trzy napędy indywidualne; okoliczność tę należy wykorzystać w pierwszej fazie stosowania, gdy zajdą prawdopodobnie trudności z zainstalowaniem przekaźników liniowych o wybiorczości fazowej;

c) należy rozważyć możliwości współpracy rozwiązań: jedno- i trójfazowego próbnego wyłączenia;

d) należy rozważyć, czy względy stateczności wobec na ogół krótkich połączeń liniowych nie zezwolą nawet przy trójfazowym próbnym wyłączeniu przy sieci otwartej na zastosowanie wyłączników małoolejowych.

LITERATURA

1. Sporn. P. & Prince D. C. Ultrahigh-speed reclosing of high-voltage transmission lines. Electr. Eng. Trans., stycz. 1937 r.
2. Sporn. P. & Muller C. A. Nine years experience with ultrahigh-speed reclosing of high-voltage transmission lines. Electr. Eng. Trans., maj 1945 r.
3. Kaufmann W. Die Löschung von Lichtbogen-Kurzschlüssen durch kurzzeitiges Abschalten. ETZ, 1939, z. 9.
4. Goldsborough S. L. & Hill A. W. Relays and breakers for high-speed single-pole tripping and reclosing. Electr. Eng. Trans., luty 1942 r.

INŻ. HENRYK KÜHN

Zagadnienia wspólne dla telekomunikacji i energetyki (w pracach MKWSE 1948 r.)

Treść. Artykuł omawia poruszane na Konferencji zagadnienia z dziedziny telekomunikacji wielkiej częstotliwości, wpływu uszkodzeń linii wysokiego napięcia na telekomunikację wielkiej częstotliwości, wpływu długości skoku przepleceń linii wysokiego napięcia na komunikację telefoniczną, zabezpieczeń linii telefonicznych na skrzyżowaniach z liniami wysokiego napięcia oraz zakłóceń w telekomunikacji, wywołanych urządzeniami elektroenergetycznymi.

Mutual problems of telecommunication and power practice dealt with at the Intern. Conf. of Large Electric Systems of 1948. The article discusses the problems of high frequency telecommunication dealt with at the Conference, the influence of defects in high voltage lines on high frequency telecommunication, the influence of the length of transposition intervals of high voltage lines on telephone communication, of means of protection of telephone lines at their crossing points with high voltage lines, as well as the problem of disturbances in telecommunication caused by electric power equipment.

Problèmes communs aux télécommunications et à la production, au transport et à la distribution de l'électricité, étudiés dans les travaux de la CIGRE en 1948. L'auteur présente les problèmes de télécommunication à haute fréquence discutés à la conférence: influence des avaries des lignes de haute tension sur les télécommunications à haute fréquence; influence de la longueur du pas de permutation des lignes de haute tension sur les communications téléphoniques; protection des lignes téléphoniques aux croisements avec les lignes de haute tension; enfin perturbations apportées dans les télécommunications par les installations de transport de force.

1. Wstęp

Zagadnienia dotyczące wspólnie telekomunikacji i energetyki stanowią przedmiot prac Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRÉ) i Międzynarodowych Komitetów Doradczych do spraw Telefonii (CCIF), Telegrafii (CCIT) oraz Radiokomunikacji (CCIR). Ponadto dla usprawnienia współpracy pomiędzy tymi organizacjami w dziedzinie ochrony połączeń telekomunikacyjnych utworzony został Międzynarodowy Komitet Mieszany (CMI), w którego skład wchodzą przedstawiciele wymienionych komitetów *).

Jedną z prac zgłoszonych na MKWSE w r. 1948 jest sprawozdanie z obrad wspólnego zjazdu CIGRÉ, CCIF i CMI, który odbył się w Paryżu we wrześniu 1947 r. Sprawozdanie to zawiera krótkie streszczenie najważniejszych zagadnień omawianych w dziesięciu komisjach zjazdu. Autor sprawozdania, prof. Mauduit (Francja) zwrócił uwagę **) między innymi na następujące trudności istniejące w chwili obecnej:

1. Ustalenie nowej granicy dla psofometrycznej siły elektromotorycznej (charakteryzującej zakłócenia) dopuszczalnej na końcu linii oraz ustalenie definicji stopnia zmniejszania tej siły elektromotorycznej psofometrycznej pod kątem widzenia dopuszczalnych zakłóceń w telekomunikacji.

2. Usuwanie harmonicznych, wytwarzanych w obwodach prądu zmiennego przez prostowniki.

3. Określenie przepięć w obwodach telefonicznych pod wpływem pierwszego okresu zwarcia w linii energetycznej, znajdującej się w pobliżu linii telefonicznej. Inżynierowie telekomunikacji proponują — jako granicę dopuszczalną indukowanego napięcia wzdłużnego w linii telefonicznej — 430 V. Natomiast inżynierowie energetycy stoją na stanowisku, że ta wartość graniczna winna być znacznie większa i wynosić 1000—1500 V.

4. Rozbudowa sieci połączeń nośnych wielkiej częstotliwości po przewodach wysokiego napięcia w ramach przyznanego zakresu częstotliwości 50—150 kc/s. Inżynierowie energetycy uważają, że zakres ten winien być rozszerzony do 30—300 kc/s ze względu na mały zasięg promieniowania linii w tym zakresie częstotliwości.

5. Zastosowanie przepisów dotyczących skrzyżowania linii telekomunikacyjnych z liniami energetycznymi. Proponuje się uzupełnienie ich lub nawet zmodyfikowanie.

6. Oddziaływanie linii przesyłowych prądu stałego o wysokim napięciu na linie telekomunikacyjne.

Bliższe naświetlenie zagadnień, które były poruszane na wspólnym zjeździe w r. 1947 i dotyczyły prac zgłoszonych na MKWSE w r. 1948, będzie dane niżej w rozdz. 2 i 3, poświęconych zagadnieniom telekomunikacji wielkiej częstotliwości, oraz w rodz. 4—7, poświęconych zakłóceniom w urządzeniach telekomunikacyjnych, powstającym pod wpływem prądów silnych.

*) CCIF = Comité Consultatif International Téléphonique; CCIT = Comité Consultatif International Télégraphique; CCIR = Comité Consultatif International des Radiocommunications; CMI = Comité Mixte International.

**) Mauduit Al. Rapport sur les réunions du C. C. I. F. et de la C. M. I. de septembre 1947 en ce qui concerne les perturbations téléphoniques. (Ref. 330).

2. Problem zagęszczenia połączeń nośnych wielkiej częstotliwości na liniach wysokiego napięcia we Francji (M. Paimboeuf, Francja) *)

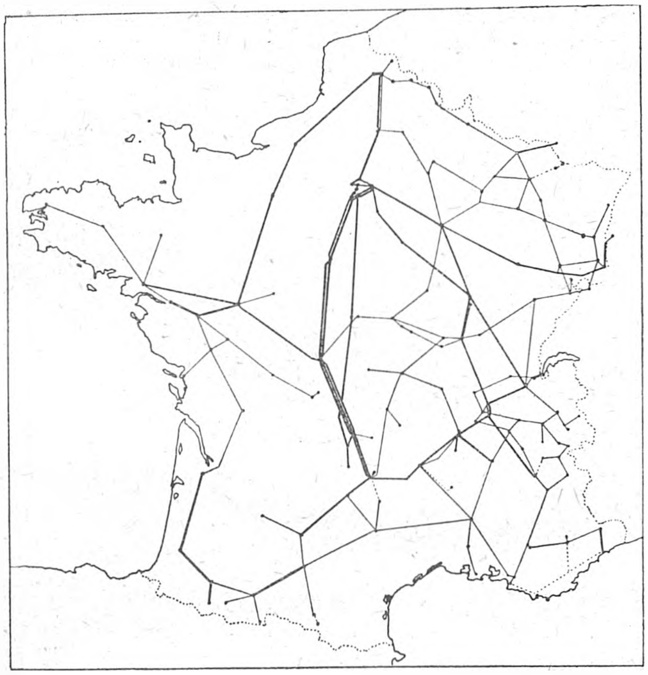
Większość linii przesyłowych wysokiego napięcia we Francji wykorzystana jest do komunikacji wielkiej częstotliwości dla celów telefonii, telemetrii oraz telefonii łącznie z telemetrią. Oprócz tego znaczna liczba urządzeń służy do wybiorczego zabezpieczenia linii za pomocą prądów wielkiej częstotliwości (rys. 1 i 2).

Spośród 326 połączeń 229 połączeń zrealizowano na liniach o napięciu 150 i 220 kV, o długości całkowitej 12 000 km, przy użyciu 526 urządzeń telekomunikacyjnych wielkiej częstotliwości na 121 stacjach. Obecnie wyzyskuje się zakres częstotliwości od 25 do 300 kc/s. Najpierw stosowano zakres 25—150 kc/s, jednak ze względu na wzrost liczby koniecznych połączeń wyzyskuje się również, w wyjątkowych wypadkach, zakres 150—300 kc/s. Na sieci francuskiej istnieje 169 różnych częstotliwości nośnych. Większość urządzeń telekomunikacyjnych nadawczo-odbiorczych pracuje z falą nośną i obiema wstęgami bocznymi w kanałach o szerokości przeważnie 6 kc/s lub 7 kc/s. Istnieje również niewielka liczba urządzeń pracujących z jedną wstęgą boczną i przytłumioną falą nośną, w których szerokość kanału wynosi 4 kc/s. Głównie stosuje się jedno-przewodowy system przesyłania z zastosowaniem dławików zaporowych jedynie w przewodzie dołączonym do urządzeń telekomunikacyjnych. Moc nadawania waha się w granicach 5—15 watów.

W celu uniknięcia oddziaływania na połączenia radiokomunikacyjne oraz na inne kanały nośne stosuje się następujące środki zaradcze: 1) dwuprzewodowy układ przenoszenia, 2) zmniejszenie harmonicznych fali nośnej,

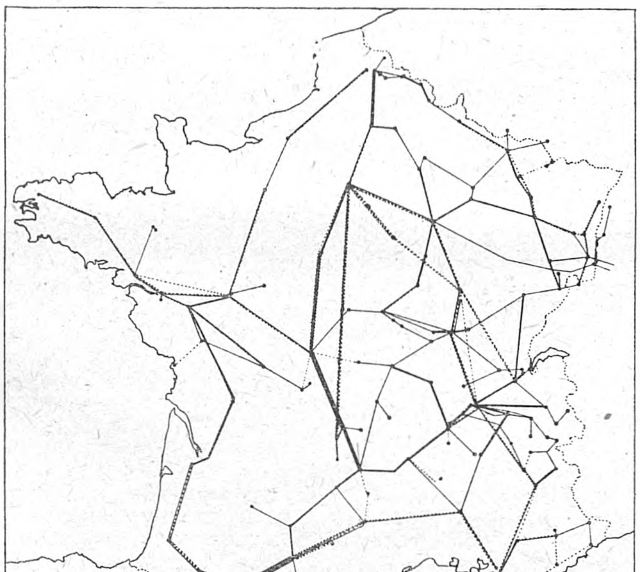
*) Paimboeuf M. Transmissions par haute fréquence sur lignes d'energie. (Ref. 304).

3) zmniejszenie mocy nadawanej. Problem oddziaływania na inne kanały nośne jest trudniejszy do rozwiązania, gdyż zachodzą tu bardziej skomplikowane zjawiska jak: promieniowanie, sprzężenie pojemnościowe i indukcyjne pomiędzy liniami przesyłowymi, rozchodzenie się prądów



Rys. 1. Linie wysokiego napięcia na 150 i 220 kV we Francji

wielkiej częstotliwości na dalekie odległości po przewodach niezaopatrzonych w dławiki zaporowe w układzie jednoprzewodowego przenoszenia itp. Oddziaływanie to zależy między innymi od systemu połączenia urządzeń telekomunikacyjnych z linią wysokiego napięcia, od jakości dławików zaporowych, od czułości i wybiorczości odbiorników urządzeń telekomunikacyjnych, od mocy na-



Rys. 2. Połączenia nośne wielkiej częstotliwości na francuskich liniach 150 i 220-kilowoltowych

dajników w tych urządzeniach i od topografii sieci wysokiego napięcia. Jako zasadę określającą wybiorczość odbiorników przyjęto dla linii o jednakowym napięciu roboczym odstęp 6 kc/s dla porównywalnych poziomów fal nośnych (np. dwie fale nadawane lub dwie fale odbierane), a dla różnych poziomów (np. jedna fala nadawana i jedna fala odbierana) 8—10 kc/s.

Okolicznością sprzyjającą lepszemu wykorzystaniu zakresu częstotliwości jest to, że transformatory wysokiego napięcia zachowują się jak pojemności rozłożone i przedstawiają mały opór pozorny dla prądów wielkiej częstotliwości. W podobny sposób zachowuje się duża podstacja z rozległymi szynami zbiorczymi. Dzięki temu w pewnych wypadkach możliwe jest stosowanie identycznych częstotliwości lub też bliskich częstotliwości na stosunkowo małym obszarze sieci wysokiego napięcia. Obszar ten zależy od wielu zmiennych czynników dość skomplikowanych i dlatego nie jest możliwe opracowanie pewnych reguł dających się stosować w każdym wypadku.

W obecnej chwili we Francji nie jest praktycznie możliwe wprowadzenie nowych połączeń nośnych wielkiej częstotliwości, z wyjątkiem kilku odległych miejscowości. Problem, który tu powstał, można rozwiązać dwojako: 1) przez ścieśnienie kanałów nośnych, przez co zwiększy się ich liczbę w dysponowanym zakresie częstotliwości, 2) przez zbliżenie w przestrzeni identycznych lub sąsiednich częstotliwości, aby móc więcej razy je powtarzać. Pierwszy sposób wymaga wzrostu wybiorczości, stabilizacji częstotliwości oraz zmniejszenia szerokości kanału dla każdego połączenia. Drugie zagadnienie może być rozwiązane za pomocą dwuprzewodowego układu połączenia, ulepszenia dławików zaporowych i zastosowania ich we wszystkich przewodach oraz za pomocą zmniejszenia mocy nadawanych wielkiej częstotliwości.

Systemy przenoszenia z jedną wstęgą boczną i przytłumioną falą nośną, które będą użyte we Francji na głównych szlakach połączeń, są korzystniejsze, gdyż wysyłają mniejszą moc fali nośnej przy tym samym stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłóceń oraz pozwalają na zmniejszenie szerokości kanału z 6 do 4 kc/s, przy zwiększonym nawet pasmie przenoszenia z 2500 c/s do 3400 c/s.

Zagadnienie dwuprzewodowego przenoszenia może być rozwiązane bez dodatkowych kosztów w tym wypadku, jeśli stosuje się kondensatory pomiarowe do potencjometrycznego pomiaru napięcia roboczego linii. Kondensatory te mogą być również użyte do telekomunikacji.

Zmniejszenie obszaru stosowania jednej częstotliwości można by, według przypuszczeń autora, osiągnąć przez modulację częstotliwości. Zagadnienie to jest obecnie w stanie doświadczeń. Wadą tego rodzaju modulacji jest stosunkowo duża szerokość kanału (najmniej 6 kc/s) potrzebna dla jednego połączenia.

We wnioskach swych autor wyraził opinię, że najdogodniejszym systemem urządzeń telekomunikacyjnych dla warunków francuskich są urządzenia z modulacją amplitudy, z jedną wstęgą boczną i przytłumioną falą nośną, z filtrami o stromej charakterystyce tłumienia, z kwarcową stabilizacją częstotliwości, pracujące w dwuprzewodowym układzie połączenia przy zastosowaniu dławików zaporowych najlepszej jakości.

Zasadniczym układem połączenia na liniach wysokiego napięcia we Francji będzie układ dwuprzewodowy. Telekomunikacja francuska będzie wkrótce posiadać odpowiedni personel fachowy i potrzebne przyrządy pomiarowe w celu zapewnienia działania na wszystkich połączeniach nośnych wielkiej częstotliwości.

W zakończeniu referatu autor zwrócił uwagę na znaczenie dławików zaporowych, które w razie złego wykonania mogą być przyczyną wielu trudności, jak np. interferencji pomiędzy połączeniami i osłabienia mocy nadawanej właściwego połączenia. Dławiki muszą być bardzo starannie wykonane, aby ich właściwości nie zmieniały się z czasem. Bardzo dużo wysiłku poświęcono we Francji rozwiązaniu tego zagadnienia skierowując główną uwagę na kondensatory w dławikach, ochronniki, rodzaj zawieszenia itp. W celu ułatwienia produkcji buduje się wszystkie dławiki typu jednofalowego.

3. Wpływ uszkodzeń linii wysokiego napięcia na telekomunikację wielkiej częstotliwości (H. Kühn, Polska) *)

Na wstępie referat rozpatruje różne wypadki uszkodzeń linii przesyłowych wysokiego napięcia, przy czym wyodrębnione są następujące rodzaje: 1) zerwanie się łań-

*) Kühn H. Influence des défauts des lignes d'énergie sur les télécommunications à haute fréquence. (Ref. 309).

cucha izolatorów, 2) przerwanie się przewodu roboczego lub linki odgromowej, 3) przewrócenie się słupa elektrycznego lub zerwanie się poprzecznika na słupie, 4) pęknięcie poszczególnych drutów w przewodzie roboczym lub lince odgromowej i 5) przejściowe lub trwałe zetknięcie się przewodu roboczego linii nieuszkodzonej mechanicznie z przedmiotem uziemionym np. drzewem, drutem zarzuconym itp.

Z rozpatrzenia wszystkich tych rodzajów uszkodzeń wynika, że można je z punktu widzenia telekomunikacyjnego podzelić na trzy odrębne kategorie.

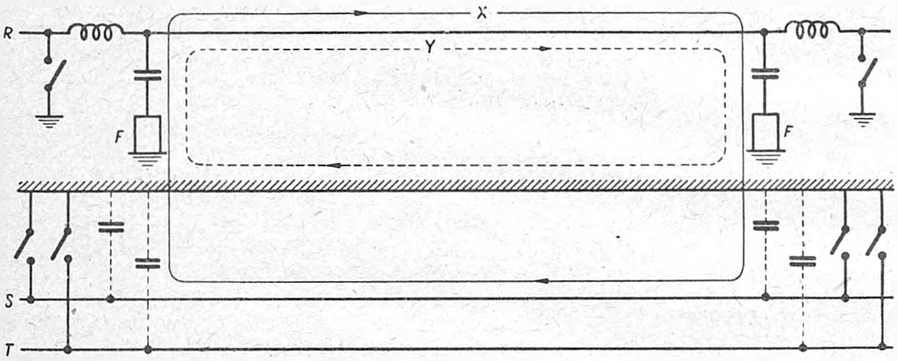
I. uziemienie obustronne przewodu, tzn. że dla obu stron linii przewód będzie uziemiony;

II. uziemienie jednostronne przewodu, gdy jeden z końców przerwanego przewodu dotknie ziemi, a drugi zawiśnie w powietrzu;

III. przerwa przewodu, gdy obydwa końce przerwanego przewodu nie będą dotykać ziemi.

Referat nie obejmuje całokształtu zagadnienia, lecz traktuje wyłącznie o oddziaływaniu uziemienia obustronnego w jednym przewodzie i w jednym punkcie linii na rozpływ prądów wielkiej częstotliwości i na tłumienie skuteczne takiej linii. Dotyczy on obu stosowanych w telekomunikacji układów połączenia tj. jednoprzewodowego i dwuprzewodowego.

W układzie jednoprzewodowym urządzenia wielkiej częstotliwości przyłączone są jednym biegunem do jednego z przewodów linii wysokiego napięcia, drugim zaś do ziemi. Główna droga przesyłania prądów wielkiej częstotliwości nie przebiega jednak przez ziemię, lecz poprzez pozostałe dwa przewody, nie połączone bezpośrednio z urządzeniami, lecz sprzężone indukcyjnie i pojemnościowo z ziemią. Na rys. 3 przedstawione jest to za pomocą drogi X. Ziemia spełnia swoją rolę w przenoszeniu prądów wielkiej częstotliwości jedynie w niewielkiej odległości od końców linii, zanim przewody nie przyłączone do urządzeń nadawczo-odbiorczych nie przejmą tego zadania. Poprzez ziemię na całej długości linii zamyka się natomiast tylko niewielka część prądów wielkiej częstotliwości (droga Y), ziemia bowiem powoduje znacznie większe tłumienie dla tych prądów, niż pozostałe dwa przewody wraz z układem sprzężenia ich z urządzeniami nadawczo-odbiorczymi wielkiej częstotliwości. Tłumienie to nazywa się dodatkowym tłumieniem układu połączenia jednoprzewodowego. Jest ono równe różnicy tłumienia linii w układzie jednoprzewodowym i tłumienia tej samej linii w układzie połączenia dwuprzewodowego oraz wynosi w przybliżeniu ok. 1 N. Wielkość ta jest wielkością stałą dla linii trójfazowej i zależy nie od jej długości, lecz od oporności charakterystycznych poszczególnych przewodów względem siebie oraz ziemi. Uproszczony układ połączenia jednoprzewodowego podaje rys. 4.

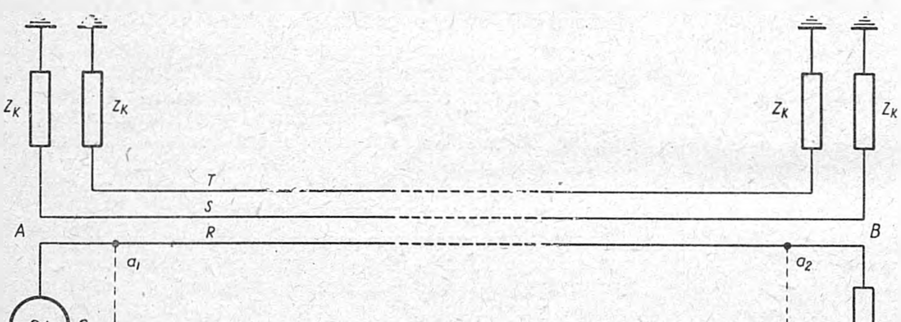


Rys. 3. Układ połączeń oraz rozpływ prądów wielkiej częstotliwości w systemie sprzężenia jednoprzewodowego

W linii długiej zwarcie przewodów wywołuje odbicie się fali pierwotnej od punktu zwarcia. Powstała stąd fala odbita porusza się w kierunku przeciwnym do fali pierwotnej, wskutek czego powstaje fala stojąca. Podobne zjawiska zachodzą nie tylko wtedy, gdy linia jest zwarta, lecz w każdym innym wypadku, jeśli linia ta nie jest zamknięta na opór charakterystyczny. Amplituda fali stojącej, pominąwszy inne względy, zależna jest od oporu, na który linia jest zamknięta oraz od tłumienia linii.

Na podstawie powyższych zjawisk oraz przedstawionego na rys. 4 układu uproszczonego można wyjaśnić oddziaływanie zwarć z ziemią poszczególnych przewodów linii przesyłowej na rozpływ prądów wielkiej częstotliwości.

Z łatwo zrozumiałych przyczyn uziemienie obustronne przewodów *S* i *T*, nie przyłączonych bezpośrednio do urządzeń nadawczo-odbiorczych, nie może być szkodliwe dla telekomunikacji wielkiej częstotliwości. Groźniejsze natomiast jest uziemienie obustronne przewodu roboczego *R*. Jeżeli zwarcie tego przewodu z ziemią znajduje się w pobliżu *A*, np. w punkcie a_1, wówczas w obwodzie pomiędzy nadajnikiem *G* i punktem a_1 powstaje fala stojąca. Wskutek sprzężenia pomiędzy przewodem *R* i pozostałymi przewodami *S* i *T*, zamkniętymi na opory nierówne oporowi charakterystycznemu, powstaje również fala stojąca w przewodach *S* i *T*. Zjawisko to zależne jest między innymi od stopnia niedopasowania oporów, znajdujących się na końcu linii, do oporów charakterystycznych oraz od długości obwodów *S* i *T*. W ten sposób na stacji *B* na oporze odbiornika *R* występuje napięcie fali stojącej, które zamyka się na drodze *X*.



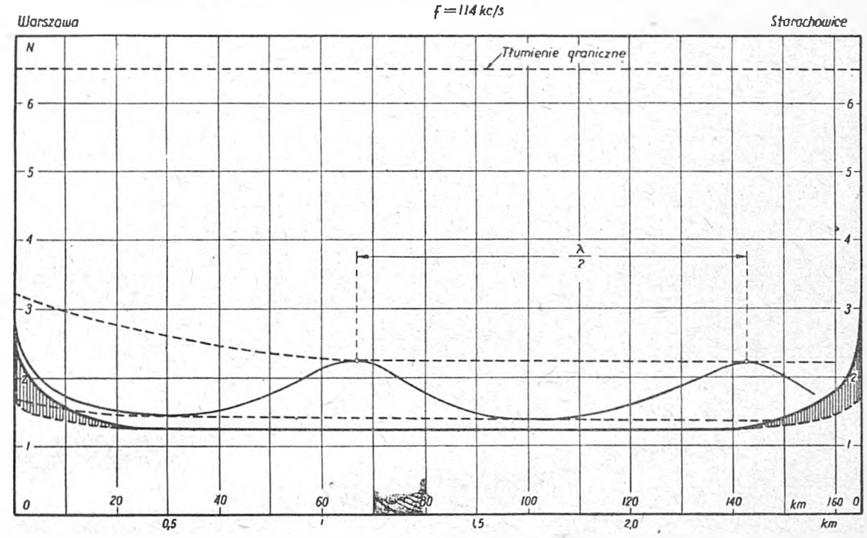
Rys. 4 Uproszczony układ sprzężenia jednoprzewodowego

Im dalej przesuwa się punkt zwarcia od stacji nadawczej, tym słabsza jest fala stojąca w obwodzie pierwotnym, wskutek dużego tłumienia drogi Y. Dzięki temu na odbiorniku *R* również występuje ona coraz słabiej. Gdy zwarcie znajduje się w pobliżu przeciwnego końca linii, np. w punkcie a_2, fala stojąca ponownie zwiększa swą amplitudę wskutek zamknięcia się obwodu pierwotnego fali stojącej przez przewody *S* i *T*. W tym wypadku na

odbiorniku R wystąpi również napięcie fali stojącej i to w tym silniejszym stopniu, im zwarcie następuje bliżej stacji B.

Jako przykład szczególnie wyraźnego występowania fali stojącej na zaciskach odbiornika przy zwarciu z ziemią linii przesyłowej podano na rys. 5 przebieg tłumienia skutecznego na linii wysokiego napięcia Warszawa — Starachowice w zależności od miejsca uziemienia przewodu miast uziemienie to przeniesiono na odległość ok. 800 m, tłumienie wzrosło o około 4 N, po czym znów według krzywej falującej zmieniało się w zależności od miejsca uziemienia. Odległość pomiędzy dwoma najbliższymi brzuścami tej krzywej równa jest połowie długości fali przesyłanego prądu.

Charakterystyka B na rys. 5 przedstawia przebieg tłumienia dla całego odcinka Warszawa — Starachowice.



Rys. 5. Przebieg tłumienia linii wysokiego napięcia Warszawa—Starachowice w zależności od miejsca obustronnego uziemienia przewodu czynnego w systemie sprzężenia jednoprzewodowego. Częstotliwość pomiarowa 114 kc/s

roboczego. Linia ta posiada przewody stalowo-aluminiowe o przekroju 240 mm^2, a długość jej wynosi 165 km.

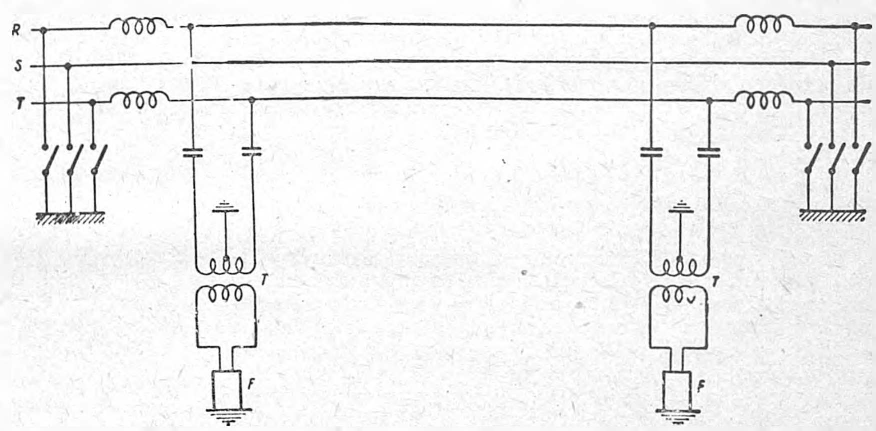
Podczas pomiarów wysokie napięcie wyłączono oraz wszystkie przewody uziemiono na obu końcach linii. Stan taki jest najbardziej zbliżony do warunków rzeczywistych, gdyż po wystąpieniu uszkodzenia linii i wyłączeniu napięcia zwykle linię się uziemia, celem dokonania naprawy. Uziemienie przewodu roboczego R dokonywa się, oczywiście, za dławikami zaporowymi (rys. 3).

Pomiary przedstawione na rys. 5 wykonywano prądem o częstotliwości 114 kc/s, nadawanym ze Starachowic do Warszawy. Tłumienie skuteczne określano na podstawie

Jak wynika z powyższego wykresu, przy odległości uziemienia ok. 40 km tłumienie linii osiąga już wartość normalną, odpowiadającą linii nieuziemionej w tym punkcie, tj. 2,1 N. Najwyższe tłumienie linii występuje, oczywiście, przy uziemieniu przewodu R na krańcach tej linii i osiąga wartość ok. 5,5 N.

Dzięki temu, że urządzenia w Warszawie i Starachowicach posiadają zasięg równy 6,5 N, telekomunikacja w najbardziej niekorzystnym wypadku uziemienia na końcu linii jest jeszcze dostatecznie pewna.

W układzie przenoszenia dwuprzewodowego urządzenia nadawczo-odbiorcze wielkiej częstotliwości przyłączane



Rys. 6. Układ połączeń w systemie sprzężenia dwuprzewodowego z połączeniem środka symetrii układu z ziemią

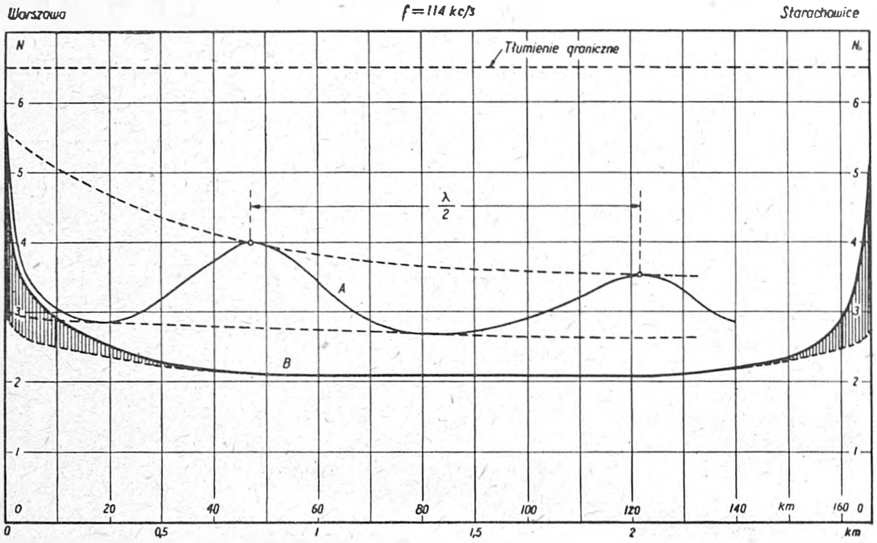
pomiaru napięcia, odbieranego w Warszawie na zaciskach wejściowych urządzenia wielkiej częstotliwości za pomocą woltomierza wybiorczego, nastrojonego na częstotliwość prądu pomiarowego. Podczas tych pomiarów uziemiano kolejno na jednym ze słupów przewód roboczy R, łącząc go bezpośrednio z uziemieniem u podstawy słupa. Przy każdym takim uziemieniu obustronnym przewodu R mierzono tłumienie linii.

Charakterystyki podane na rys. 5 przedstawiają tłumienie linii w zależności od punktów zwarcia przewodu R, odkładanych na odciętej wykresu. Uzyskany przebieg tłumienia jest prawie symetryczny dla obu końców linii. Dla dokładnego zilustrowania jego właściwości przedstawiono go od strony Warszawy w rozciągniętej skali długości (charakterystyka A). Jak widać z tego wykresu, tłumienie linii ulegało znacznym zmianom, gdy uziemienie wykonywano w pobliżu końców linii przesyłowej. Jeżeli np. uziemiono przewód R w odległości ok. 300 m od Warszawy, tłumienie linii wynosiło wtedy 2,9 N. Gdy nato-

są obydwoma biegunami do dwóch przewodów linii wysokiego napięcia, np. R i T (rys. 6). Trzeci przewód nie bierze udziału w przenoszeniu prądów wielkiej częstotliwości, gdyż ze względu na symetrię układu prąd w nim nie płynie. Uziemienie jego nie wpływa zatem na tłumienie linii.

W wypadku połączenia środka symetrii układu sprzężenia z ziemią (rys. 6), w razie przerwy w jednym z przewodów, układ pracuje dalej analogicznie do poprzednio opisanego układu jednoprzewodowego. Ten system posiada zatem w tym wypadku większą pewność działania niż w wypadku, gdyby środek symetrii nie był połączony z ziemią. Wadą tego pierwszego jest natomiast większa jego wrażliwość na uziemienie jednego z czynnych przewodów. Zjawisko to, podobnie jak w układzie jednoprzewodowego połączenia, zależne jest od odległości punktu uziemienia od krańców linii. Również i tu mogą powstać fale stojące na linii, wywołane wskutek odbicia od punktu zwarcia. Działanie ich jest jednak słabsze, niż w układzie

jednoprzewodowym, ponieważ fala pierwotna przechodzi obok punktu zwarcia z ziemią dalej, dzięki drugiej fazie nieuziemionej. Na rys. 7 podano wyniki pomiarów tłumienia linii w układzie dwuprzewodowego połączenia. Badania przeprowadzono na tej samej linii, co w poprzednio opisanym układzie jednoprzewodowym. Środek symetrii był dołączony do uziemienia. Z dokonanych badań wy- ceń, tak jak to podają wykresy na rys. 8 po prawej stronie. Obliczenia wykazują jednak, że w większości wypadków w praktyce, nawet jeśli się nie stosuje przepleceń, napięcie indukowane w linii telekomunikacyjnej wskutek zwarcia trzech faz linii energetycznej jest znikomo małe w stosunku do napięcia, powstałego przy zwarciu z ziemią linii energetycznej. Z tego powodu długość skoku przeple-



Rys. 7. Przebieg tłumienia linii wysokiego napięcia Warszawa—Starachowice w zależności od miejsca obustronnego uziemienia jednego przewodu czynnego w systemie dwuprzewodowego połączenia. Częstotliwość pomiarowa 114 kc/s

nika, że tłumienie linii ulegało również wahaniom falowym w pobliżu krańców linii, lecz w znacznie mniejszym stopniu niż w układzie jednoprzewodowym. Z porównania wartości tłumienia w układzie jednoprzewodowym i dwuprzewodowym wynika, że w najbardziej niekorzystnych miejscach uziemienia wyniki są o wielkość ok. 2 N lepsze w układzie dwuprzewodowym. W wypadku uziemienia jednego z przewodów czynnych w odległości ok. 20 km od końca linii tłumienie osiągnęło wielkość 1,2 N, odpowiadającą linii nieuziemionej.

Otrzymane wyniki dowodzą, że komunikacja na prądach nośnych wielkiej częstotliwości w układzie dwuprzewodowego przenoszenia jest pewniejsza niż w wypadku stosowania sprzężenia jednoprzewodowego. Odległość krytyczna od końców linii, przy której uziemienie obustronne nie wpływa już całkowicie na przebieg telekomunikacji, zależy, jak wynika z powyższych badań, od rodzaju sprzężenia urządzeń wielkiej częstotliwości z linią wysokiego napięcia. Ponadto odległość ta zależna jest od konstrukcji linii oraz od częstotliwości prądów nośnych przesyłanych po linii.

4. Długość odcinków przepleceń na liniach wysokiego napięcia (E. K. Saraoja. Finlandia) *)

W zaleceniach CCIF z 1938 r., dotyczących ochrony linii telekomunikacyjnych przed zakłócającym działaniem linii energetycznych (§ 5/21) podano, że cały skok przepleceń (w linii trójfazowej skok przepleceń składa się z trzech odcinków przepleceń) w trójkątnym układzie przewodów nie może przekroczyć 36 km, a w innych układach przewodów 18 km. Zaleca się przy tym rodzaj przepleceń podany na wykresie II na rys. 8. W ten sposób długości odcinków przepleceń powinny wynosić 6 oraz 12 km. Ponieważ budowa przepleceń na liniach wysokiego napięcia jest bardzo kosztowna, szczególnie przy wyższych napięciach, a przeplecenia powodują tłumienie dla fal wielkiej częstotliwości, autor podjął się zbadania słuszności tych zaleceń.

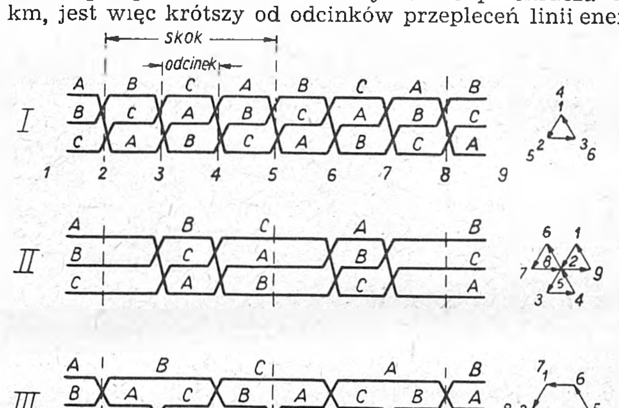
Według zaleceń CCIF długość linii telekomunikacyjnej równolegle biegnącej do linii energetycznej musi być ograniczona w ten sposób, żeby napięcie wzdłużne indukowane w linii telekomunikacyjnej, przy największym prądzie zwarcia linii energetycznej z ziemią, nie przekroczyło 300 V. Wielkość napięcia indukowanego w tym wypadku w linii telekomunikacyjnej całkowicie nie zależy od przepleceń linii energetycznej. Jedynie w przypadku symetrycznego zwarcia trzech faz napięcie wywołane przez indukcję magnetyczną jest proporcjonalne do prądu i długości odcinka przepleceń oraz zależy od układu przeple-

*) Saraoja E. K. Longueur des sections de transposition sur les lignes d'énergie. (Ref. 301).

ceń nie ma znaczenia z punktu widzenia indukowania niebezpiecznego napięcia w linii telekomunikacyjnej.

Dalsza część referatu poświęcona jest rozważaniom na temat wpływu skoku przepleceń na zakłócenia w liniach telekomunikacyjnych.

Według zasad CCIF przy obliczeniach napięć zakłócających należy wziąć pod uwagę tylko tę część telefonicznej równoległej linii dwudrutowej, która posiada najdłuższy odcinek przepleceń. Ponieważ zwykle nie przekracza on 4 km, jest więc krótszy od odcinków przepleceń linii ener-



Rys. 8. Układy przepleceń dla linii energetycznych. Układ III i IV przeznaczone tylko dla poziomego rozkładu przewodów. Wykresy wektorowe, podane obok, przedstawiają napięcia wzdłużne w przewodach telefoniczych indukowane przez wyrównane prądy linii trójfazowej

getycznych. Jeżeli odcinek ten znajdzie się w środku skoku przepleceń linii energetycznej, będzie to warunek najbardziej niekorzystny, gdyż wtedy będą niezależne od przepleceń linii energetycznej następujące napięcia zakłóceń:

1. wszystkie napięcia powstałe na skutek indukcji elektrycznej napięć harmonicznych,

2. wszystkie napięcia powstałe wskutek indukcji magnetycznej zrównoważonych prądów harmonicznych,

3. wszystkie napięcia powstałe na skutek indukcji magnetycznej wypadkowych prądów potrójnych harmonicznych.

W ten sposób tylko te napięcia zakłóceniowe, które są wywołane prądami nie potrójnych harmonicznych, płynącymi w ziemi pomiędzy różnymi odcinkami tego samego skoku przepleceń, zależą od długości skoku przepleceń. Te prądy ziemne są wywołane przez napięcia harmonicznych zrównoważonych, działające w niezupełnie zrównoważonych pojemnościach poszczególnych faz i są proporcjonalne do długości skoku przepleceń, lecz nie zależą od przyjętego układu przewodów linii trójfazowej.

Obliczenia wykazują, że dla długości skoku przepleceń 18 km napięcia zakłócające, proporcjonalne do długości skoku przepleceń, są zwykle równe zaledwie kilku procentom nap.ęć zakłócających, które są niezależne od długości skoku przepleceń. Długość skoku przepleceń mogłaby być zatem zwiększona bez obawy wzrostu napięć zakłócających.

W zakończeniu autor podaje wyniki doświadczeń wykonanych w Finlandii w dziedzinie przepleceń. W Finlandii istnieje ok. 2000 km linii wysokiego napięcia na 110 kV i jedna linia na 220 kV o długości 500 km. Prawie wszystkie linie posiadają słupy bramowe z poziomym układem przewodów. Sieci zaopatrzone są w cewki Petersena. Przyjęto uniwersalną długość skoku przepleceń dla wszystkich linii, równą 40 km, według poprzednich przepisów niemieckich VDE, która jest ok. dwukrotnie większa od długości przepleceń, zalecanej przez CCIF. Nie zauważono żadnych zakłóceń telefonicznych, które mogłyby być wywołane przez długi skok przepleceń linii energetycznych. Główne zakłócenia telefoniczne zaobserwowane w Finlandii wywołane są przez znaczne napięcia, powstałe przy zwarciach z ziemią linii energetycznych wskutek dużej oporności gruntu w Finlandii. Nie zależą one jednak od długości przepleceń.

W końcowym wniosku autor stwierdza, że długość skoku przepleceń zalecana przez CCIF jest niepotrzebnie krótka.

W dyskusji, która się wywiązała w związku z poruszonym tematem, wniosek autora referatu poparli przedstawiciele Francji, Wielkiej Brytanii oraz Międzynarodowego Komitetu Badań Zakłóceń w Telekomunikacji. W odpowiedzi na te zastrzeżenia generalny sekretarz CCIF wyraził nadzieję, że zalecenia te wkrótce będą poprawione.

5. Czy kabel podziemny jest wystarczającą ochroną linii telefonicznej przy skrzyżowaniu z linią wysokiego napięcia? (E. K. Saraoja, Finlandia) *)

Przepisy bezpieczeństwa w wielu krajach zalecają, aby w miejscach skrzyżowania linii wysokiego napięcia z linią telefoniczną zastosowano jeden z dwu następujących środków bezpieczeństwa:

1. przęsło linii wysokiego napięcia należy wykonać ze zwiększonym współczynnikiem bezpieczeństwa,

2. linię telefoniczną należy zabezpieczyć przed zerwaniem się przewodu wysokiego napięcia.

Ze względu na to, że pierwsza metoda jest kosztowna, szczególnie przy wyższych napięciach, problem zabezpieczenia linii telefonicznych rozwiązano w Finlandii przez zastosowanie krótkiego kabla telefonicznego podziemnego, włączonego do linii telefonicznej w miejscu skrzyżowania tej linii z linią energetyczną.

W referacie swoim autor pokrótce rozważa wypadek opadnięcia przewodu linii wysokiego napięcia na ziemię w pobliżu wspomnianego kabla telefonicznego. Założono, że potencjał osłony kabla oznaczony jako V_2 osiąga wartość równą potencjałowi gruntu, w którym by nie było kabla, czyli równą tzw. „potencjałowi niezakłóconemu".

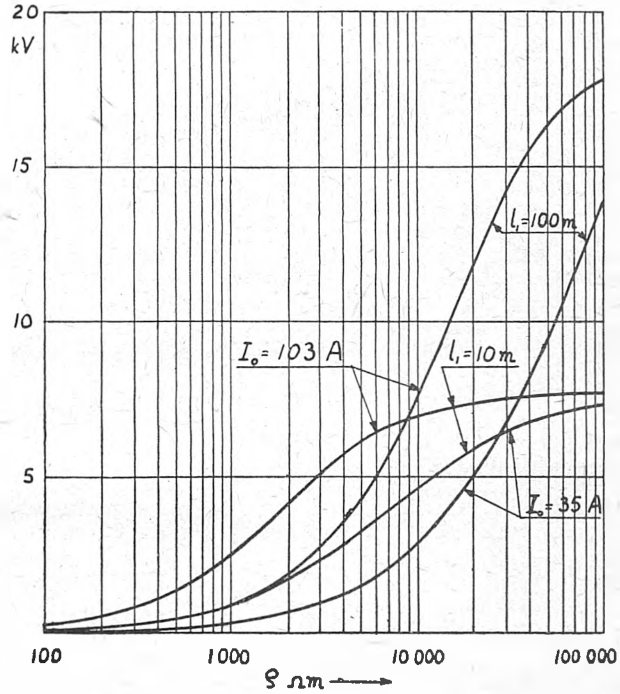
Oporność uziemienia przewodu leżącego na ziemi, oznaczono przez R, w wypadku jednolitego gruntu jest wprost proporcjonalna do oporności właściwej gruntu i prawie odwrotnie proporcjonalna do długości tego przewodu (l_1). W małym stopniu oporność ta zależna jest od średnicy przewodu (d_1). W poniższych rozważaniach przyjęto grunt jednolity.

*) Saraoja E. K. Le câble de terre constitue-t-il une protection suffisante pour une ligne téléphonique au croisement d'une ligne d'énergie à haute tension? (Ref. 302).

Jeżeli prąd zwarcia linii z ziemią jest równy I_0, wówczas potencjał przewodu linii energetycznej, leżącego na ziemi, będzie równy: $V_1 = I_0 R$, jeżeli oporność uziemienia R jest mała. Przy dużych opornościach gruntu prąd I_0 jest mały, a potencjał przewodu V_1 zbliża się do wartości napięcia fazowego $U/\sqrt{3}$. Przy danej oporności gruntu potencjał przewodu zmienia się odwrotnie proporcjonalnie do długości l_1 i wprost proporcjonanie do amplitudy I_0.

Potencjał osłony kabla V_2, przy danym potencjale przewodu V_1, zależy tylko od geometrycznych wymiarów kabla i przewodu oraz od ich wzajemnego położenia, lecz nie zależy od oporności właściwej gruntu. W założeniu, że kabel jest ułożony prostopadle do przewodu, który znajduje się w środku długości kabla, łatwo przewidzieć, że potencjał osłony kabla będzie się zmniejszał wraz ze wzrostem długości kabla l_2, gdyż „potencjał niezakłócony" gruntu maleje przy większych odległościach od przewodu. Zwiększanie głębokości zakopania kabla wpływa nieznacznie na wypadkowy potencjał osłony kabla, gdyż możliwe są tu tylko nieznaczne zmiany odległości od przewodu. Jeżeli kabel znajduje się w środku długości przewodu, wówczas potencjał jego osłony osiąga najwyższą wartość, lecz nawet gdy kabel ten znajduje się na końcach przewodu, potencjał osłony kabla w wielu wypadkach przekracza połowę wielkości, którą posiadałby w środku przewodu. Ponieważ względna wartość potencjału osłony kabla wzrasta wraz ze wzrostem długości przewodu, przeto występuje tu częściowe przeciwdziałanie zmniejszania potencjału przewodu przy zwiększaniu jego długości.

Na rys. 9 podano tytułem przykładu przebieg potencjału osłony kabla V_2 w zależności od oporności właściwej



Rys. 9. Przebieg potencjału powłoki kabla telefonicznego o długości 30 m, leżącego na skrzyżowaniu z linią wysokiego napięcia 110 kV, w wypadku opadnięcia przewodu wysokiego napięcia na ziemię, w zależności od oporności właściwej gruntu

gruntu dla dwóch alternatyw: 1) gdy przewód ma długość $l_1 = 10$ m, a prąd zwarcia z ziemią $I_0 = 35$ A; 2) gdy $l_1 = 100$ m, a $I_0 = 103$ A. W obu wypadkach napięcie linii $U = 110$ kV, średnica przewodu $d_1 = 15{,}5$ mm, długość kabla $l_2 = 30$ m, średnica osłony kabla $d_2 = 14$ mm i głębokość zakopania kabla równa jest 0,7 m. Ponieważ w Finlandii wszystkie linie zaopatrzone są w cewki Petersena, najwyższa wartość prądu zwarcia z ziemią normalnie nie powinna przekroczyć 35 A. Średnia wartość oporności właściwej gruntu w Finlandii wynosi ok. 2000 Ωm, a w wyjątkowych wypadkach, np. w okolicach skalnych może ona osiągać nawet wartość 100 000 Ωm. Jak wynika z rys. 9, w normalnych wypadkach potencjał osło-

ny kabla przy zwarciu linii energetycznej z ziemią wynosi około kilku kilowoltów, a w wyjątkowych wypadkach może nawet przekroczyć 10 kV, co spowodować może przebicie kabla.

Ponieważ „niezakłócony potencjał" gruntu jest różny dla różnych odległości od przewodu, przeto wskutek różnicy potencjałów płynie prąd wyrównawczy przez powłokę metalową kabla. W pobliżu przewodu prąd ten płynie od ziemi do osłony kabla, a na końcach kabla wypływa z osłony do ziemi. W przykładzie podanym na rys. 9 największy prąd w osłonie kabla wynosiłby ok. 9% całkowitego prądu uziemienia przy długości przewodu $l_1 = 10$ m oraz ok. 1% tego prądu przy $l_1 = 100$ m. Wobec tego spadek napięcia i grzanie się osłony kabla nie ma tu znaczenia.

We wniosku końcowym autor twierdzi, że zabezpieczenie linii telefonicznej za pomocą kabla podziemnego nie jest dostateczne w wypadku opadnięcia przewodu wysokiego napięcia na ziemię w pobliżu tego kabla, jeżeli linia posiada napięcie wyższe od 100 kV i oporność właściwa gruntu jest duża.

6. Wyniki ankiety w sprawie zakłóceń w telekomunikacji wywołanych urządzeniami prądu silnego (C. W. Marshall, Wielka Brytania)*)

Referat posiada charakter sprawozdawczy i zawiera wypowiedzi członków Międzynarodowego Komitetu Badawczego Zakłóceń w Telekomunikacji w ujęciu przewodniczącego tego komitetu. Najobszerniejsza spośród wypowiedzi, pod względem materiału doświadczalnego, jest odpowiedź Kanady. Stany Zjednoczone przesłały w związku z odpowiedzią na ankietę 49 referatów techniczno-naukowych, lecz treść ich nie została uwzględniona w niniejszym referacie sprawozdawczym. Odpowiedź brytyjska nie zawiera wiele materiału i powołuje się na trzy referaty, które zostały nadesłane na zjazd CMI w r. 1947. Odpowiedź nadesłana z Danii składa się głównie z rozważań na temat zakłóceń indukcyjnych w jednodrutowych liniach telefonicznych, których jest jeszcze wiele w Danii.

a) Badania zakłóceń w telekomunikacji. Ze sprawozdań nadesłanych przez europejskich członków Komitetu wynika, że problem zakłóceń wywołanych urządzeniami energetycznymi nie ma wielkiego znaczenia ani w telekomunikacji przewodowej, ani w radiowej. British Electrical and Allied Industries Research Association (ERA) podaje, że za okres luty — marzec — kwiecień 1947 r. otrzymano 49 skarg z tytułu zakłóceń w radiokomunikacji, wywołanych liniami napowietrznymi o napięciu poniżej 500 V; 19 skarg na zakłócenia wywołane liniami napowietrznymi o napięciu 500 V — 11 kV oraz 14 skarg na zakłócenia z linii o napięciu ponad 11 kV. Ponieważ za ten sam okres ogółem otrzymano ponad 10 000 skarg z różnych innych przyczyn, można uważać, że linie przesyłowe nie są poważnym źródłem zakłóceń w radiokomunikacji. ERA sądzi, że zakłócenia w odbiorze telewizyjnym wywołane przez linie energetyczne są jeszcze mniej kłopotliwe.

Ponieważ linie telefoniczne zwykle umieszczane są zdala od linii energetycznych, przeto zakłócenia wywołane przez nie w liniach telefonicznych nie odgrywają również wielkiej roli.

b) Wpływ linii wysokiego napięcia na radio-komunikację. Główną przyczyną zakłóceń w odbiorze radiowym, pochodzących od linii wysokiego napięcia, są wyładowania powierzchniowe na izolatorach tych linii. W niektórych wypadkach stosuje się specjalne typy izolatorów, które powodują mniejsze zakłócenia (N. E. M. A. Standards for High Voltage Insulators). Oprócz tego wszelki sprzęt metalowy, znajdujący się pod wysokim napięciem, może również wywoływać zakłócenia, jeśli nie przedsięwzięto środków ostrożności, polegających na usunięciu ostrych krawędzi lub zastosowaniu specjalnych ekranów o dostatecznym promieniu krzywizny. Części metalowe izolowane względem ziemi, które mogą być ładowane i rozładowywane elektrycznie, mogą również wywoływać zakłócenia, których unika się przez właściwe połączenie. Źródłem zakłóceń mogą być jeszcze pęknięcia izolatorów, nagromadzenie brudu itp.

c) Wpływ linii wysokiego napięcia na telefoniczne linie napowietrzne. Zagadnieniom wpływu linii wysokiego napięcia w normalnych warunkach na linie telefoniczne napowietrzne poświęcony jest referat nadesłany z Kanady. W referacie tym znajdujemy wyniki badań, które wykonano na doświadczalnych liniach telefonicznych, zbudowanych w pobliżu linii wiejskich wysokiego napięcia w trzech różnych miejscowościach doświadczalnych. W każdej z tych miejscowości stworzono całkowicie odmienne warunki badania. Linie wysokiego napięcia zasilane były prądem zmiennym o częstotliwości 60 c/s. Wykonywano dwa rodzaje pomiaru poziomów zakłóceń: pomiędzy przewodami telefonicznymi oraz pomiędzy tymi przewodami i ziemią. Ponadto wykonano pomiary spółczynnika zakłóceń telefonicznych (T. I. F.) linii wysokiego napięcia oraz określano wpływ prądów ziemnych (IT) za pomocą miernika zakłóceń i przewodu próbnego o długości 100 stóp, położonego na ziemi. Przyjęto za zasadę, że jeżeli poziom zakłóceń międzyprzewodowych nie przekracza + 29 db, linia telefoniczna uważana jest jako linia I-szej klasy i nie potrzebne są żadne środki zaradcze.

W miejscowości doświadczalnej Olds badano wpływ linii wiejskiej jednofazowej o napięciu 6,9 kV i długości 11,4 mil z przewodem zerowym wielokrotnie uziemionym. Linia ta zasilała wzdłuż trasy 61 podstacji transformatorowych o mocy 3 kVA każda i była zasilana na jednym końcu. Linia telefoniczna napowietrzna, używana do badań, przebiegała równolegle do linii energetycznej, wymienionej wyżej, w odległości 60 stóp, a następnie ciągnęła się dalej sama na długość 25 mil. Pomiary wykonano: a) przy wyłączonym napięciu na linii, b) w stanie jałowym linii, c) w stanie jałowym wszystkich transformatorów i d) przy normalnej pracy linii. Za pomocą badań wyodrębniono wpływ trzech składowych prądu powrotnego przez ziemię tj. prądu ładującego linię, który jest proporcjonalny do jej długości, prądu magnesującego transformatory i prądu obciążenia.

Na podstawie pomiarów stwierdzono niezbicie, że głównym źródłem zakłóceń w tym wypadku był prąd pojemnościowy linii. W każdym razie zakłócenia przy normalnym obciążeniu linii były mniejsze niż w wypadku, gdy na linii występował jedynie prąd ładujący linię.

W normalnych warunkach pracy zakłócenia, mierzone na końcu linii telefonicznej, wynosiły pomiędzy przewodami + 15 db, a pomiędzy przewodami i ziemią + 30 db. W wypadku, gdyby linia telefoniczna przebiegała przez obszary zasilania dwóch linii zasilających wysokiego napięcia, dołączonych do wspólnego transformatora, zakłócenia w takiej linii telefonicznej byłyby mniejsze. Działoby się to dlatego, że prądy powrotne ziemne płynęłyby w kierunkach przeciwnych w każdym z obszarów. Gdyby linia telefoniczna przebiegała przez większą liczbę obszarów zasilania różnych linii energetycznych, wówczas napięcie sumaryczne zakłóceń w linii telefonicznej byłoby równe pierwiastkowi sumy kwadratów wszystkich napięć zakłócających, pochodzących od poszczególnych linii energetycznych, gdyż moce prądów zakłócających ulegną tu sumowaniu. W tym wypadku bowiem linie zasilające są przyłączone do różnych faz, a odległości pomiędzy liniami tej samej fazy są duże. W ten sposób, jeżeli na jednym obszarze poziom zakłóceń pomiędzy przewodami i ziemią wynosi + 30 db, to poziom zakłóceń pochodzący z dwóch obszarów będzie równy + 33 db, z trzech +34,7 itd., a z dziesięciu obszarów + 39,8 db. Odpowiadający takiej linii telefonicznej poziom zakłóceń pomiędzy przewodami nie powinien przekroczyć + 29 db.

Spółczynnik zakłóceń telefonicznych (T. I. F.) na terenie doświadczalnym Olds wynosił tylko 11. Podwojenie go wywołuje wzrost zakłóceń o 6 db. W ten sposób przy wartości tego spółczynnika równej 44 poziom zakłóceń pomiędzy przewodami wyniesie + 27 db, a pomiędzy przewodami i ziemią + 42 db.

W czasie badań przecięto przewód uziemiony linii energetycznej w odległości 3 mil od końca linii, aby się przekonać, jaki wpływ wywrze to na zakłócenia w linii telefonicznej. Stwierdzono, że przerwa ta nie spowodowała wzrostu prądu powrotnego ziemnego na początku linii energetycznej, zatem całkowity prąd ziemny, który przepływa przez ziemię w miejscu przerwy przewodu uziemionego, wpływa do niego z powrotem przez jego najbliższe punkty uziemienia. Wzrost zakłóceń telefonicznych, wy-

*) Marshall G. W. Comité International d'Etude des Perturbations Téléphoniques et Radiophoniques (Ref. 315).

wołanych przerwą przewodu uziemionego, był niedostrzegalny.

W miejscowości doświadczalnej Rockyford badano wpływ trójprzewodowej linii energetycznej przy dwóch różnych napięciach międzyprzewodowych. Linia ta posiadała pierwotnie napięcie 13kV w układzie połączenia uzwojeń transformatora zasilającego w trójkąt. Następnie zmieniono układ połączeń tego transformatora na gwiazdowy z uziemionym punktem zerowym, a więc napięcie międzyprzewodowe linii podniosło się do 22 kV.

Wykonano dwie oddzielne linie telefoniczne, pierwszą o długości 7,2 mil, przebiegającą równolegle do linii wysokiego napięcia w odległości 65 stóp, i drugą, która posiadała długość 12 mil i znajdowała się w odległości 60 stóp od przewodów linii wysokiego napięcia. Obie te linie telefoniczne były oddalone od siebie o ok. 50 mil.

Przed zamianą napięcia na linii energetycznej zakłócenia na pierwszej linii telefonicznej posiadały poziom + 13,5 db. pomiędzy przewodami. Po zmianie układu transformatora na gwiazdę zakłócenia międzyprzewodowe wzrosły do + 15,5 db, a pomiędzy przewodami i ziemią do + 28 db. Podczas pomiarów moc prądu trójfazowego przesyłana przez linię wynosiła 650 kVA.

Przy dużym obciążeniu linii o napięciu 22 kV odczyt przy pomiarze prądów ziemnych (IT) wynosił 120, co odpowiadało wszystkim trzem składowym prądu ziemnego. Przy niewielkim obciążeniu linii odczyt ten wynosił 61, odpowiednio do składowej prądu ładującego linię i prądu magnesującego transformatory. Przyjęto, że całkowity prąd powrotny ziemny równy jest w przybliżeniu pierwiastkowi sumy kwadratów wszystkich składowych. Wynika stąd, że składowa prądu obciążenia była w opisanych pomiarach 1,7 razy większa od sumy obu pozostałych składowych. Na podstawie tego stwierdzono, że głównym źródłem zakłóceń jest składowa prądu obciążenia w prądzie powrotnym ziemnym. Moc przesyłana przez linię mogłaby być na pewno zwiększona co najmniej trzykrotnie, bez obawy wywołania jakichkolwiek trudności, ponieważ na ogół nie oczekuje się, aby zerowy prąd powrotny w ziemi wzrastał proporcjonalnie do prądu obciążenia.

Spółczynnik zakłóceń telefonicznych (T. I. F.) przy największym obciążeniu był równy tylko 8,4. Można twierdzić, że czterokrotne zwiększenie tego spółczynnika, tj. do wielkości 33,6, nie spowoduje większego wzrostu poziomu zakłóceń niż o 12 db, co będzie jeszcze niegroźne dla połączenia telefonicznego.

Badania wykonane na drugiej linii telefonicznej wykazały, że przy obciążeniu 215 kVA poziom zakłóceń międzyprzewodowych wynosił + 20 db, a pomiędzy przewodami i ziemią + 31 db. Po zmianie napięcia linii na 22 kV poziom zakłóceń wzrósł o wartość od 3 do 9,5 db. Głównym źródłem zakłóceń w tej linii telefonicznej była również składowa prądu obciążenia w prądzie powrotnym ziemnym.

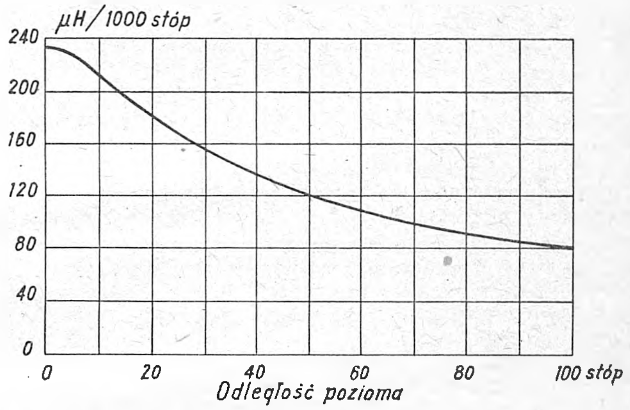
W miejscowości St. Gertrude linia wysokiego napięcia została również poddana przeróbce z trójprzewodowej o napięciu 6,9 kV w układzie trójkątnym, na czteroprzewodową o napięciu 12 kV w układzie gwiaździstym z czwartym przewodem zerowym uziemionym wielokrotnie. Do powyższej linii trójfazowej dołączone były linie rozsyłowe dwuprzewodowe, jedna o długości 8,6 mil, a druga 14,6 mil. Po przeróbce jeden z przewodów w każdej z tych linii rozsyłowych został wielokrotnie uziemiony.

Linia telefoniczna znajdowała się tu w znacznie cięższych warunkach, gdyż położona ona była równolegle do linii trójfazowej w odległości zaledwie 28 stóp. Długość linii telefonicznej na tym odcinku wynosiła 8,4 mil. W miejscowości St. Gertrude linia ta łączyła się z inną linią, która biegła oddzielną trasą zdala od linii wysokiego napięcia, po czym znów zbliżała się do linii dwuprzewodowej wysokiego napięcia 6,9 kV na długości 6,8 mil przebiegając równolegle do niej w odległości 26 stóp. W ten sposób linia telefoniczna na całej swej długości była poddana oddziaływaniu linii trójfazowej na tzw. odcinku trójfazowym i linii jednofazowej na tzw. odcinku jednofazowym.

Pomiaru zakłóceń dokonywano w St. Gertrude. Przed przeróbką średni poziom zakłóceń międzyprzewodowych wynosił + 36 db, a po przeróbce + 45 db. Średni poziom zakłóceń między przewodami i ziemią przed przeróbką wynosił + 27 db, a po przeróbce wzrósł do + 41 db. Jak wynika z powyższego, w odróżnieniu do poprzednich wypadków, poziom zakłóceń międzyprzewodowych był tu większy niż między przewodami i ziemią. Gdyby badane linie telefoniczne były umieszczone w takiej odległości od przewodów wysokiego napięcia, jak w poprzednich przykładach, wówczas poziom zakłóceń międzyprzewodowych po przeróbce wynosiłby + 31 db, co by było jeszcze zadowalające.

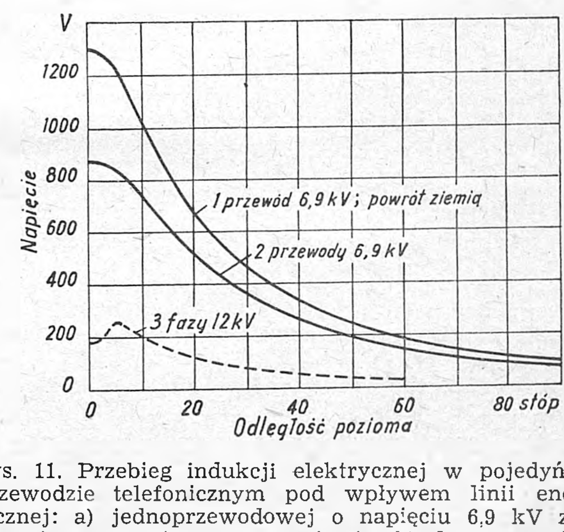
Zakłócenia w linii telefonicznej na odcinku trójfazowym pochodziły wyłącznie wskutek indukcji magnetycznej od prądów powrotnych ziemnych. Natomiast na odcinku jednofazowym wywołane one były głównie indukcją elektryczną. Spółczynnik zakłóceń (T. I. F.) na odcinku trójfazowym przed przeróbką wynosił 36,6, a po przeróbce 47,5. Po dołączeniu pozostałej linii z odcinka jednofazowego spółczynnik ten wzrósł do 81.

W zakończeniu referatu podano wykreślnie wpływ odstępu poziomego pomiędzy linią telefoniczną i linią wysokiego napięcia na indukcję magnetyczną (rys. 10) i elek-



Rys. 10. Przebieg indukcji magnetycznej w przewodzie telefonicznym pod wpływem powrotnych prądów ziemnych linii energetycznej w zależności od odstępu linii telefonicznej od energetycznej

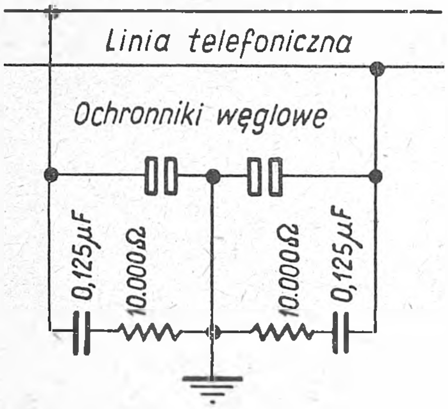
tryczną (rys. 11) w przewodach telefonicznych. Z rys. 10 wynika, że zmniejszenie odstępu z 55 stóp do zera zwiększa tylko dwukrotnie sprzężenie magnetyczne. Odpowiedni wzrost poziomu zakłóceń równy jest tylko 6 db. Wpływ odstępu pomiędzy liniami na indukcję elektryczną jest



Rys. 11. Przebieg indukcji elektrycznej w pojedyńczym przewodzie telefonicznym pod wpływem linii energetycznej: a) jednoprzewodowej o napięciu 6,9 kV z połączeniem powrotnym przez ziemię, b) dwuprzewodowej o napięciu 6,9 kV z jednym przewodem wielokrotnie uziemionym, c) trójfazowej o napięciu 12 kV z przewodem zerowym uziemionym wielokrotnie

jednak znacznie większy i dla odstępu mniejszego od 30 stóp indukcja elektryczna linii jednofazowej z przewodem uziemionym może spowodować przebicie ochronników telefonicznych. W tym wypadku konieczne jest stosowanie oporów upływowych z uziemionym środkiem symetrii

(rys. 12), które należy włączać do linii telefonicznej w odstępach 2,5 mili. Jeżeli na linii telefonicznej nie przesyła się prądu stałego, wówczas kondensatory można pominąć. Poziomy odstęp pomiędzy linią telefoniczną i linią wy-



Rys. 12. Układ upływowy dla linii telefonicznej

sokiego napięcia równy zeru stosowany jest w niektórych wypadkach w Stanach Zjednoczonych w związku z elektryfikacją wsi.

7. Powstawanie, rozchodzenie się i oddziaływanie harmonicznych prądu silnego (H. R. J. Klewe, Wielka Brytania) *)

Najbardziej szkodliwą rolą harmonicznych, powstałych w urządzeniach prądu silnego, jest wywoływanie przez nie zakłóceń w liniach telefonicznych. Przy większych odległościach pomiędzy liniami prądu silnego i liniami telefonicznymi zakłócenia wywoływane są prawie całkowicie przez harmoniczne niezrównoważone (nieskompensowane). Przy krótkich odległościach harmoniczne zrównoważone prądu i napięcia mogą również wywołać zakłócenia w liniach telefonicznych.

Na ogół w źródle wytwarzania harmonicznych prądu silnego powstają one jako zrównoważone na zaciskach źródła. Wyjątek mogą stanowić nowoczesne urządzenia wielkich mocy, układy oporności nieliniowych, połączonych w gwiazdę oraz stany nieustalone przy włączaniu i wyłączaniu prądu, w których powstają harmoniczne zrównoważone i niezrównoważone. W układzie połączeń uzwojeń transformatora w trójkąt harmoniczne potrójne, wytwarzane przez oporności nieliniowe transformatora, zostają wyeliminowane. Podobnie rozchodzenie się potrójnych harmonicznych, wytwarzanych przez odbiorniki nieliniowe np. lampy gazowe, ulega ograniczeniu przez transformatory połączone w powyższy sposób. Wprawdzie piąta i siódma harmoniczna mogą wystąpić w silnym stopniu (5 — 7%), lecz ze względu na ich niską częstotliwość zakłócenia w obwodach telefonicznych wywołane tymi harmonicznymi rzadko dają się odczuć. Najważniejszymi źródłami harmonicznych w chwili obecnej są przekształtniki energii elektrycznej, jak np. prostowniki, przetwornice itp.

Przekształtnik z ilością p faz wytwarza w obwodzie prądu stałego harmoniczne rzędu kp, a w obwodzie prądu zmiennego $kp \pm 1$, gdzie k jest liczbą całkowitą, większą od jedności. Powstaje tu zatem pasmo częstotliwości w obu obwodach. Ponieważ p jest zwykle równe 6, a często 12 lub więcej, niższe częstotliwości tu nie występują.

Można uważać, że w obwodzie prądu stałego źródło napięć harmonicznych posiada mały opór pozorny, a napięcie źródła mało zależy od obciążenia, natomiast więcej od stopnia regulacji (np. sterowania w prostownikach za pomocą napięcia siatki). Natomiast w obwodach prądu zmiennego można uważać, że harmoniczne wytwarzane są przez źródło prądu o dużym oporze wewnętrznym. Prąd n-tej harmonicznej jest równy $1/n$ części prądu podstawowego. Napięcie harmonicznej jest równe spadkowi napięcia na oporze pozornym w obwodzie zewnętrznym przekształtnika, wywołanym przez prąd harmonicznej. Jeśli opór ten jest czysto indukcyjny, napięcie harmonicznych jest prawie jednakowe dla wszystkich harmonicznych i równe spadkowi napięcia dla częstotliwości podstawowej, wywołanemu obciążeniem przekształtnika. Na skutek istnienia oporności pojemnościowych, których na ogół nie można pominąć przy rozważaniach o powstawaniu wyższych harmonicznych, zachodzą zjawiska rezonansu. Zanotowano wypadki, w których takie rezonanse wywoływały niezwykły wzrost napięcia o częstotliwości harmonicznej, tj. aż do ok. 50% napięcia podstawowego.

Jeżeli rezonanse nie występują (oporności pojemnościowe są do pominięcia) można obliczyć napięcie harmonicznych w sposób następujący. Jeżeli bierny spadek napięcia przy pełnym obciążeniu w układzie zasilającym przekształtniki i innych odbiorców jest równy n %, a obciążenie przekształtnika równe jest $1/a$ części całego obciążenia, wówczas może powstać napięcie harmonicznych o wielkości $\frac{n}{100\,a}$ napięcia podstawowego. Wielkość a ograniczona jest dopuszczalną zawartością harmonicznych, określoną zaleceniami CCIF (1938 r. T. 1) pod postacią tzw. telefonicznego spółczynnika kształtu fali napięcia δ, który charakteryzuje zdolność zakłócania linii energetycznych. Jeżeli zatem 1-sza harmoniczna np. 600 ± 50c/s, wywołana przez 12-fazowy prostownik, przy biernym spadku napięcia $n = 10\%$, wynosi: $1/10a$ napięcia podstawowego, a następne harmoniczne tj. 2, 3, 4, 5 i 6 wynoszą kolejno 80%, 60%, 50%, 40% i 30% wartości pierwszej, wówczas przy uwzględnieniu $\delta = 2\%$, wielkość $a = 15$. Oznacza to, że jeżeli obciążenie 12-fazowego prostownika jest większe od $\frac{1}{15} \cong 7\%$ całego obciążenia, to może powstać niedopuszczalne napięcie zakłócające. Przy prostowniku 24-fazowym dla tych samych warunków spółczynnik $\delta = 2\%$ może być osiągnięty przy $a = 12$.

a) P o w s t a w a n i e h a r m o n i c z n y c h n i e z r ó w n o w a ż o n y c h. Harmoniczne zrównoważone, powstałe początkowo w sposób opisany wyżej, mogą być źródłem dla harmonicznych niezrównoważonych wskutek niesymetrii układu. Są one szkodliwe z punktu widzenia zakłóceń telefonicznych, ponieważ tylko pole magnetyczne prądu jednobiegunowego (gdy biegunem powrotnym jest ziemia) w linii energetycznej może wywołać zakłócenia w bardziej oddalonych liniach telefonicznych.

Ponieważ przewody linii trójfazowej wysokiego napięcia są zwykle niesymetrycznie położone względem przewodu uziemionego linii, przeto na skutek indukcji prądów wyrównanych w linii trójfazowej powstaje prąd jednobiegunowy w obwodzie „przewód uziemiony — ziemia". W punktach przepleceń faza tego prądu zmienia się o 120°, lecz amplituda jego pozostaje ta sama, jeśli przewód jest dobrze uziemiony w tych punktach. Prąd jednobiegunowy w obwodzie przewód uziemiony — ziemia wywołuje z kolei napięcie wzdłużne w równolegle biegnącej linii telefonicznej. Jeżeli odstęp między linią telefoniczną a energetyczną jest jednakowy na całej długości skoku przepleceń linii energetycznej, wówczas suma napięć indukowanych w linii telefonicznej o długości równej temu skokowi przepleceń powinna być równa zeru. Jednak nawet w najkorzystniejszych warunkach występuje napięcie na przewodach telefonicznych względem ziemi, a w szczególności w miejscach przepleceń, co powoduje zakłócenia na skutek asymetrii tych przewodów względem ziemi. Ponieważ stopień asymetrii przewodów telefonicznych względem ziemi jest różny wzdłuż jej długości, przeto można zmniejszyć zakłócenia przez stosowanie przepleceń linii energetycznej o bardzo niewielkich długościach skoku przepleceń. Spowoduje to bowiem zmniejszenie napięcia między przewodami telefonicznymi i ziemią.

Linie jednofazowe stosowane dla niskich i średnich napięć wywołują bezpośrednio prądy jednobiegunowe. Składowa symetryczna zerowa prądu w linii przesyłowej, powstała na skutek niewyrównanych oporności pozornych, może pogorszyć warunki powstawania harmonicznych niezrównoważonych.

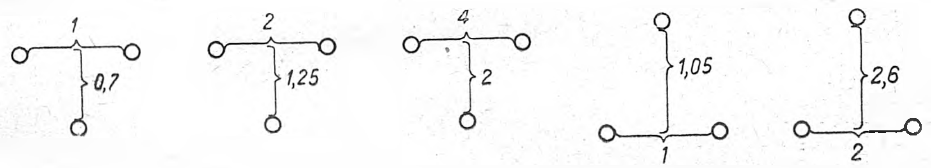
Różnice pojemności przewodów fazowych względem ziemi wymagają szerszego omówienia. W układzie z uziemionym punktem zerowym, dzięki wyrównanym prądom harmonicznym w układzie, napięcia harmoniczne względem ziemi są tym samym zasadniczo zrównoważone. Ich geometryczna suma tworzy prąd jednobiegunowy, który powraca przez ziemię. Prąd ten osiąga, oczywiście, największą wartość w miejscu uziemienia zerowego punktu układu. Jeżeli

*) K l e w e H. R. J. Formation, écoulement et influence des harmoniques dans les réseaux de transport d'énergie à courant alternatif. (Ref. 317).

linia jest przeplatana, lub gdy nierównowaga pojemnościowa zmienia się wzdłuż linii, np. z powodu wtrącenia kabla lub zmiany rozkładu przewodów linii, wówczas część lub cały prąd niezrównoważony płynie między przyległymi odcinkami o różnej asymetrii. Dzięki temu średni i największy prąd powrotny ziemny zostają znacznie zmniejszone.

W układzie z izolowanym punktem zerowym lub uziemionym przez cewkę Petersena (duża oporność dla prądów harmonicznych) napięcie pomiędzy punktem zerowym i ziemią tak się samo ustala, że suma prądów pojemnościowych jest równa zeru. Jeśli asymetria względem ziemi jest jednolita wzdłuż linii, wówczas suma prądów pojemnościowych równa jest zeru w każdym punkcie i prądy powrotne ziemne nie płyną. Jeśli asymetria nie jest jednolita, wówczas płyną prądy jednobiegunowe pomiędzy odcinkami. W tym wypadku przeplecenia nie są na ogół usprawiedliwione, gdyż mają one niewielki wpływ na pole elektryczne, które tylko w nielicznych wypadkach jest źródłem zakłóceń. Mogą one jednak często wywoływać prądy jednobiegunowe pomiędzy przyległymi odcinkami, specjalnie dokuczliwe w okolicach o dużej oporności gruntu.

Najbardziej zadowalający układ w systemie z izolowanym punktem zerowym polega na zapewnieniu równowagi pojemnościowej bez przepleceń. Jest to czasami możliwe w pojedyńczym torze w liniach trójfazowych o trójkątnym rozstawieniu przewodów, jak to podaje rys. 13. Dokładne wartości pionowego odstępu pomiędzy przewodami, potrzebne dla uzyskania symetrii, zależą od wysokości nad ziemią (na rys. 13 wysokość od ziemi do podstawy trójkąta przyjęto równą 10). Na skutek tego asymetria będzie się zmieniać wzdłuż każdego przęsła pomiędzy słupami, lecz nie będzie to miało dużego znaczenia. Pewne układy, często stosowane, prowadzą do dużej asymetrii (rys. 14). W obu podanych wypadkach środkowy przewód jest ekranowany przez dwa pozostałe i ma stosunkowo małą pojemność względem ziemi. Bardzo często przeplecenia usuwają to zjawisko.



Rys. 13. Przykłady rozstawienia przewodów linii trójprzewodowej, jednotorowej, w których występuje symetria pojemnościowa bez przepleceń. Odległość podstawy trójkąta przewodów od ziemi wynosi 10 jednostek



Rys. 14. Przykłady rozstawienia przewodów linii trójprzewodowej o dużej niesymetrii pojemnościowej przy niestosowaniu przepleceń

Sieci pierścieniowe posiadają mały opór pozorny dla składowej symetrycznej zerowej prądów. Dzięki temu mała asymetria oporowa, np. duży opór złącza, może wywołać duży prąd niewyrównany. W szczególnym wypadku, spotkanym w praktyce, asymetria wynosząca tylko 2,3% wywołała prąd niewyrównany, równy co do wielkości prądowi wyrównanemu. Prądy pierścieniowe w układzie z izolowanym punktem zerowym wywołują prądy ziemne i napięcia indukowane w takim samym stopniu, jak prądy powrotne ziemne.

b) Rozpływ prądów harmonicznych. Najważniejszymi źródłami prądów harmonicznych są nie generatory, lecz urządzenia odbiorcze prądu elektrycznego. W rozległych sieciach elektrycznych z wieloma punktami odbioru, w których wytwarzane są harmoniczne, nie jest możliwe dokładne obliczenie zawartości harmonicznych. Możliwe jest jedynie przybliżone obliczenie w wypadku istnienia jednego punktu odbiorczego o dużym poborze energii, produkującego największej harmonicznych. Można się spodziewać, że w ośrodkach odbiorczych będą zachodzić gwałtowne i nieregularne zmiany wyższych harmonicznych i spółczynnika telefonicznego kształtu fali napięcia. Natomiast na stacjach wytwórczych i rozdzielczych, zdala od odbiorców, będzie głównie występować piąta harmoniczna zmieniając się wolno i zazwyczaj w sposób regularny. Zjawiska rezonansu mogą mieć duży wpływ na rozpływ harmonicznych. W normalnym układzie występuje zwykle jeden rezonans w zakresie 500 do 1000 c/s, oraz drugi rezonans powyżej 1000 c/s. W wypadku stosowania kondensatorów do poprawienia spółczynnika mocy rezonanse te przesuwają się w kierunku niższych częstotliwości. Pojemność winna być tak dobrana, aby uniknąć rezonansu dla istniejących częstotliwości. Ponieważ górna granica zakresu normalnego pasma telefonicznego wynosi 2 500—3 000 c/s, przeto dla tych częstotliwości na liniach napowietrznych wysokiego napięcia o normalnej długości mogą zajść niespodziewane zjawiska w rozchodzeniu się fal. Linie takie bowiem nie mogą być dla tych częstotliwości uważane jako linie krótkie pod względem elektrycznym, gdyż np. dla 2050 c/s linia o długości 36,6 km posiada ¼ długość fali, a linia o długości 73,2 km odpowiada połowie długości fali. Pierwsza z nich zwarta na jednym końcu i otwarta na drugim, lub też druga linia zwarta na obydwu końcach przedstawiają duży opór pozorny w każdym punkcie linii dla prądów o wyżej wymienionej częstotliwości. Takim zwarciem może być np. generator lub transformator o dużym obciążeniu bezindukcyjnym. Na skutek tego przetwornik zasilany z takiej linii, który wprowadza do niej prąd harmoniczny, może wywołać stosunkowo znaczne napięcia harmoniczne. Rezonanse takie mogą powstać między zrównoważonymi stałymi linii albo też między stałymi linii dla składowej symetrycznej zerowej.

c) Uziemienie punktu zerowego. Sposób uziemienia przewodu zerowego ma pewien wpływ na rozpływ składowej symetrycznej zerowej prądu. Przy pojedyńczym uziemieniu należy spodziewać się pewnego wzrostu tej składowej prądu w pobliżu punktu uziemienia i zmniejszenia jej zdala od uziemienia. Wskutek tego przy wielokrotnym uziemieniu przewodu zerowego nie występuje na ogół zwiększenie średniej wartości składowej symetrycznej zerowej. Należy jednak, jeśli to jest możliwe, unikać uziemiania przewodu zerowego w wypadku, gdy w pobliżu znajduje się równoległa linia telefoniczna.

d) Przesyłanie znacznych mocy przez przekształtniki. Jak omówiono wyżej, prostowniki nie wywierają znacznego wpływu pod względem harmonicznych, jeżeli obciążenie prostownika nie przekracza ok. $^1/_{15}$ całkowitego obciążenia, co zazwyczaj bywa w praktyce. Z tego względu nie zachodzi na ogół dotychczas potrzeba dokładnego określenia prądów harmonicznych przy projektowaniu sieci energetycznej, jeżeli odstęp pomiędzy równoległymi liniami telefonicznymi i energetycznymi jest dostatecznie duży dla zabezpieczenia przed zakłóceniami telefonicznymi.

Sytuacja ta może ulec pewnej zmianie w wypadku, gdy nastąpi znaczna rozbudowa układów przesyłowych dla energii elektrycznej prądu stałego wysokiego napięcia. W tym wypadku po stronie zasilania linii przesyłowej prostownik może być jedynym obciążeniem generatora, a jego moc znamionowa może stanowić bardzo znaczną część mocy generatora. Istnieją teoretyczne podstawy do przypuszczeń, że prądy harmoniczne wywołują tu dodatkowe straty w generatorach synchronicznych, co zostało już stwierdzone doświadczalnie. Badania dokonane na takim generatorze o mocy 1250 kVA, nie posiadającym uzwojeń tłumiących oraz zasilającym całą swoją mocą znamionową prostownik 6-cio fazowy, wykazały, że temperatura statora była wyższa o 2—6° C, a rotora o 19 do 25° C (zależnie od tego, czy nie stosowano, czy też stosowano sterowanie prostowników za pomocą regulacji napięcia siatki w lampach prostowniczych), niż w wypadku obciążenia czysto sinusoidalnego. Przy zastosowaniu prostownika 12-fazowego temperatura rotora wzrosła tylko o 6° C. Ażeby zabezpieczyć się przed tym dodatkowym

grzaniem generator musi posiadać moc znamionową ok. 10% większą od mocy dostarczanej.

Na końcu odbiorczym linii należy znów przewidzieć, aby moc, którą mają dostarczyć przetwornice, była tego rzędu co moc lokalnych maszyn synchronicznych. W przetwornicy wytworzone zostaną prądy niepotrójnych harmonicznych rzędu $kp \pm 1$, a ich amplitudy zwykle będą proporcjonalne do $1/kp$. Napięcia, które wskutek tego powstaną w układzie, będą zazwyczaj określone przez oporności urojone miejscowych maszyn synchronicznych. Oporności te będą rzędu 10 kp % w stosunku do pojemności całego miejscowego zakładu. Z powyższego wynika, że w wypadku, gdy moc dostarczona przez maszyny synchroniczne i przez przetwornice jest równa, powstaną napięcia harmoniczne rzędu 10%, co doprowadzi do niedopuszczalnie wysokiego spółczynnika telefonicznego kształtu napięcia. Chociaż trudno jest autorowi podać liczbową wartość tego spółczynnika, jasne jest, że trzeba się spodziewać przynajmniej w sąsiedztwie stacji przetwornicowych znacznie większych zakłóceń telefonicznych, pochodzących od prądów harmonicznych, niż w wypadku, kiedy linia byłaby zasilana tylko przez generatory.

Najlepszą drogą do uniknięcia tych trudności jest zazwyczaj zwiększenie liczby skutecznych faz przekształtników, a przez to zmniejszenie amplitud harmonicznych. Jeden przekształtnik rzadko ma więcej niż 12 faz. Jednak w niektórych wypadkach, np. w trakcji elektrycznej, stosuje się prostowniki 108 fazowe (Stany Zjednoczone). Skuteczne zwielokrotnienie faz można osiągnąć za pomocą przesunięcia fazowego napięć dwóch przekształtników na jednej stacji. Jeżeli dwa takie przekształtniki są jednakowo obciążone, wówczas układ prądu zmiennego jest praktycznie uwolniony od pewnej liczby harmonicznych. Stłumienie tych harmonicznych nigdy jednak nie jest całkowite z powodu zjawisk asymetrii (np. małe różnice pomiędzy napięciami anod), lecz mimo to znaczne. Korzyści te są jednak utracone, jeśli dwa przekształtniki znajdują się w różnych stacjach, gdyż, oczywiście, harmoniczne mogą być stłumione tylko we wspólnym układzie. Ponadto powstają tu trwałe prądy harmoniczne po stronie prądu stałego w połączeniach pomiędzy obu przekształtnikami. Prądy te składają się z tych harmonicznych, które zostają wyeliminowane w systemie instalowania przekształtników w jednej stacji. Kombinacja kilku przekształtników, tłumiących harmoniczne w obwodach prądu zmiennego, może wywrzeć nieoczekiwane skutki w wypadku przesyłania prądu stałego o wysokim napięciu. W dwuprzewodowej linii prądu stałego często zaleca się instalowanie dwóch przekształtników na każdym końcu linii, połączonych szeregowo oraz uziemienie połączenia pomiędzy nimi. Jeśli przekształtniki takie są identyczne, wówczas prądy harmoniczne, podobnie jak i prąd stały, istnieją teoretycznie tylko w obwodzie pętli: przewód-przewód. Prądy jednobiegunowe powstają jedynie na skutek asymetrii i są tu niewielkie. Jeżeli jednak przekształtniki na jednym końcu są tak połączone, że zachodzi podwojenie skutecznej liczby faz, wówczas zarówno obwód prądu zmiennego, jak i obwód pętli prądu stałego zawiera tylko harmoniczne, odpowiadające podwojonej liczbie faz. Po stronie prądu stałego pozostałe harmoniczne jednak nie znoszą się, lecz krążą jako prądy jednobiegunowe w obu przewodach równolegle i powracają przez ziemię w przypadku, gdy punkt wspólny przekształtników jest uziemiony na obu końcach linii. Zakłócenia telefoniczne, wywołane przez taki układ przesyłowy, pomimo stosowania pętli utworzonej przez obydwa przewody, są większe od zakłóceń pochodzących od ściśle takiej samej instalacji z podwojoną liczbą faz, lecz w układzie przesyłania jednoprzewodowego z połączeniem powrotnym przez ziemię. Sytuacja ta może, oczywiście, ulec poprawie przez wstawienie cewki dławikowej do połączenia z ziemią, chociaż z innego punktu widzenia sposób ten ma pewne wady.

Badania oddziaływania linii przesyłowych prądu stałego o wysokim napięciu na linie telefoniczne zostały już przeprowadzone w Szwecji. Pomiary wykazały, że jeżeli w tym systemie przesyłania ziemia służy jako przewód powrotny, wówczas wielkość psofometrycznej siły elektromotorycznej przekracza znacznie wartość dopuszczalną według zaleceń CCIF. Pomiary dokonywano przy różnych prądach aż do 600 A i odległościach rzędu 150 km.

e) Środki zaradcze. Usunięcie lub zmniejszenie harmonicznych u źródła ich powstawania można uzyskać przez zmniejszenie nasycenia żelaza, zwiększenie liczby żłobków w generatorach oraz liczby skutecznych faz w przekształtnikach. Drogi rozchodzenia się prądów harmonicznych można zablokować za pomocą uzwojeń, łączonych w trójkąt (przeciwko potrójnym harmonicznym), lub w układach prądu stałego za pomocą specjalnych obwodów rezonansowych. Przy stosowaniu takich obwodów zachodzi jednak obawa przebicia cewek lub kondensatorów przy częstotliwościach rezonansowych, szczególnie gdy obwody te posiadają małe straty. Lepszym rozwiązaniem jest stosowanie filtrów dolnoprzepustowych. Na kolejach włoskich zastosowano już takie filtry z dobrymi wynikami. Filtry te składają się z kondensatorów o pojemności 180 μF i na napięcie 3200 V, włączonych równolegle do linii, oraz z cewek o indukcyjności 12 mH i na prąd 625 A, włączonych szeregowo w linię.

Unikanie szkodliwych rezonansów zmniejszy rozchodzenie się prądów harmonicznych. Powstawanie niezrównoważonych harmonicznych można zmniejszyć przez poprawienie symetrii oporności pozornych w układzie.

Dla uzupełnienia zagadnienia autor przytacza środki zaradcze, które należy stosować w samych obwodach telefonicznych przeciw zakłóceniom. Znacznie ważniejsze niż w liniach energetycznych jest poprawienie symetrii względem ziemi w liniach i aparatach telefonicznych, przyłączonych bezpośrednio do linii. Linie telefoniczne jednodrutowe, w których ziemia służy jako przewód powrotny, muszą być zarzucone ze względu na ich duży poziom zakłóceń, wywołany sprzężeniami magnetycznymi i galwanicznymi z liniami energetycznymi. Najlepszą metodą zmniejszenia zakłóceń w telefonicznych liniach napowietrznych jest zastąpienie ich przez kable telefoniczne. Środek ten zabezpiecza całkowicie przed polami elektrycznymi oraz stanowi znaczną ochronę przed polami magnetycznymi, zależnie od wykonania powłoki i opancerzenia kabla. Dlatego też stosowanie linii kablowych jest dobrym i tanim środkiem ochronnym szczególnie przed wysokimi harmonicznymi, gdyż działanie osłony kabla jest lepsze dla wyższych częstotliwości. I tak np. w porównaniu z linią telefoniczną napowietrzną napięcie indukowane w linii kablowej, przy zastosowaniu kabla nieopancerzonego o przekroju osłony ołowianej 200 mm², zostało zredukowane:

dla	50	250	550	850	1150	1450	1750	2050	c/s
do	85	30	14,3	9,3	6,9	5,5	4,5	3,9	%

Napięcie indukowane ulegnie jeszcze znaczniejszemu zmniejszeniu przez zastosowanie opancerzenia kabla telefonicznego za pomocą drutu stalowego lub lepiej taśmy stalowej. Dla zmniejszenia zakłócającego działania prądów zwarcia przewodów energetycznych z ziemią stosuje się w obwodach telefonicznych specjalne transformatory neutralizujące (Stany Zjednoczone).

f) Wnioski.

1. Ogólnie biorąc, w odniesieniu do dużych układów energetycznych prądu zmiennego harmoniczne początkowo wytwarzane są w poszczególnych zakładach energetycznych jako harmoniczne zrównoważone. Bezpośrednie wytwarzanie harmonicznych niezrównoważonych rzadziej ma znaczenie.

2. Harmoniczne niezrównoważone, wywierające znaczny wpływ, powstają na skutek przepływu prądów harmonicznych zrównoważonych przez niesymetryczne oporności pozorne obwodów. Chociaż harmoniczne niezrównoważone posiadają znacznie mniejsze amplitudy od zrównoważonych, ich działanie zakłócające jest zwykle silniejsze. Spowodowane jest to znacznie silniejszym natężeniem pola przypadającym na jednostkę prądu i znacznie słabszym zmniejszaniem się tego pola w zależności od odległości.

3. Zarówno harmoniczne zrównoważone, jak i niezrównoważone w skali, w jakiej występują dotychczas, nie mają na ogół większego wpływu na zachowanie się urządzeń energetycznych prądu silnego.

4. Harmoniczne te nie są groźne dla urządzeń telekomunikacyjnych, gdyż takie środki zaradcze, jak przeplecenia linii energetycznych lub zachowanie odpowiednich odstępów pomiędzy liniami energetycznymi i telefonicznymi, są wystarczające.

5. W wypadku, gdy znaczna część mocy całkowitej przesyłana jest przez przekształtnik energii, istnieje prawdo-

podobieństwo, że wyżej wymienione środki zaradcze przeciwzakłóceniowe mogą być niewystarczające lub też niepraktyczne. Ponadto mogą zajść dodatkowe zjawiska w samych urządzeniach energetycznych.

6. Możliwe są wypadki, w których zajdzie potrzeba stosowania specjalnych urządzeń dla tłumienia zrównoważonych harmonicznych w układach prądu zmiennego. Uzyskanie całkowitej symetrii pojemnościowej i indukcyjnej w liniach energetycznych wydaje się być ekonomiczną metodą uniknięcia trudności, o ile chodzi o zakłócenia telefoniczne.

7. Przesunięcie fazowe pomiędzy grupami przekształtników połączonych wspólnie powoduje tłumienie harmonicznych. Jeżeli nie ma połączeń wspólnych pomiędzy takimi przekształtnikami, przedstawiają one układ niezrównoważony. Należy zwrócić uwagę na zjawisko powstawania jednobiegunowych prądów harmonicznych w systemie przesyłania prądu stałego wysokiego napięcia przy połączeniu dwóch przekształtników z zastosowaniem przesunięcia fazowego i uziemienia środka układu.

8. Większość zjawisk zakłóceń można usunąć przez stosowanie środków zaradczych zarówno w linii energetycznej, jak i telefonicznej. Wybór drogi postępowania zależy od warunków ekonomicznych.

NŻ. T. EJSMOND

Gospodarka zabezpieczeniowa w energetyce

Treść. Rola przekaźnika i ochrony w układzie energetycznym. Ostatnie kierunki techniki przekaźnikowej. Racjonalne projektowanie ochrony i właściwy jej dobór. Gospodarka sprzętem przekaźnikowym. Organizacja oddziałów zabezpieczeniowych. Szkolenie personelu na wszystkich szczeblach.

Вопросы защиты электрических систем. Роль защитного устройства в энергетической системе. Последние направления в релейной технике. Правильное проектирование и надлежащий подбор защитных устройств. Релейное хозяиство. Организация релейных бригад. Обучение работников на всех ступенях.

Protective management in power engineering practice. Role of relay and of protection in a power system. Latest trends in relay practice. Rational planning of protective devices and proper selection thereof. Protective device management. Organization of protection departments. General training of staff of all grades.

Problèmes des protections dans la production, le transport et la distribution de l'électricité. Rôle du relais et de la protection dans le domaine de la production, du transport et de la distribution de l'électricité. Dernières tendances de la technique des relais. Élaboration rationnelle des projets de protections et choix adequats. Économie du materiel des relais. Organisation des sections de protection. Éducation du personnel à tous les échelons.

I. Rola przekaźnika i ochrony w układzie energetycznym.

W związku z upaństwowieniem zakładów energetycznych i wprowadzeniem gospodarki planowej obserwujemy już w planie 3-letnim rozbudowę urządzeń elektroenergetycznych, o jakiej nie myślano w Polsce przedwrześniowej. Plan 6-letni stawia przed energetyką jeszcze większe zadania. Energetyka jest przecież podstawą rozwoju gospodarczego. Dlatego Lenin nazwał opracowany na jego zlecenie słynny plan „Goelro" drugim programem partii. Nasz plan 6-letni przewiduje wzrost produkcji energii elektrycznej o 125%. Przewiduje się budowę kompleksu elektrowni na Śląsku, szeregu elektrowni w innych częściach kraju oraz sieci elektrycznych długości wielu tysięcy kilometrów, począwszy od sieci kategorii I o napięciu 110 i 220 kV, a skończywszy na sieciach do elektryfikacji wsi.

Nie wystarczy jednak wybudować elektrowni i sieci, należy również zatroszczyć się, by z jednej strony uchronić bardzo kosztowne urządzenia elektroenergetyczne od uszkodzeń, z drugiej strony w wypadku zakłóceń — zlokalizować te zakłócenia tak, by nie powodowały przerw w dostawie energii odbiorcom. Rolę tę spełniają przekaźniki lub ich zespoły połączone w jedną całość zwaną ochroną.

Ochrony mają następujące zadania:

1) w generatorach, kompensatorach i transformatorach —

a) wyłączyć maszynę, gdy tylko nastąpi w niej uszkodzenie (zwarcie wewnętrzne lub z ziemią), aby nie dopuścić do zniszczenia maszyny,

b) nie dopuścić do uszkodzenia maszyny wskutek przeciążenia spowodowanego zwarciem zewnętrznym, wypadnięciem z synchronizmu, lub błędną manipulacją;

2) w wielkich przetwórniach wyłączyć w jak najkrótszym czasie część szyn zbiorczych, która podległa zakłóceniu;

3) w sieciach izolować w jak najkrótszym czasie odcinek dotknięty zwarciem, aby nie dopuścić zjawisk, powstających skutkiem zwarcia, do innych odcinków sieci i ograniczyć do minimum przerwę lub ograniczenia w dostawie energii.

Jak widać z powyższego, zadania są różne dla trzech rodzajów urządzeń stanowiących całość układu elektroenergetycznego.

II. Ostatnie kierunki techniki przekaźnikowej.

1) W ochronie generatorów, kompensatorów i transformatorów obserwujemy stosunkowo mały postęp. Wzrastające moce spowodowały jednek coraz większe kompletowanie ochrony. Przedstawia się ona w chwili obecnej dla dużych jednostek, jak następuje:

a) maszyny wirujące:

ochrona nadmiarowo prądowa (dla zakłóceń zewnętrznych),

ochrona różnicowa,
„ napięciowo-nadmiarowa,
„ napięciowo-niedomiarowa,
„ ziemnozwarciowa,
„ przeciw zwarciom międzyzwojowym,
„ przeciw zwarciom z ziemią magneśnicy,

osłabiacz pola magnetycznego;

b) transformatory:

ochrona nadmiarowo prądowa (przede wszystkim dla zakłóceń zewnętrznych),

ochrona różnicowa,
„ gazowa dwustopniowa,
„ termiczna dwustopniowa.

W niektórych wypadkach stosuje się zamiast ochrony różnicowej — ochronę odległościową.

2) Ochrona szyn zbiorczych wielkich przetwórni jest sprawą bardzo trudną i kosztowną i każdy wypadek musi być indywidualnie przestudiowany. Oto najczęściej stosowane systemy:

a) różnicowy (najwyżej 3 odejścia),

b) „ bez blokowania (niezbyt pewny, ale najprostszy i najtańszy),

c) ziemnozwarciowy,

d) odległościowy (bardzo kosztowny),

e) grupowy porównawczo-kierunkowy (najelastyczniejszy, ale kosztowny).

3) Ochrona sieci. Tu obserwujemy największy postęp w przeciągu krótkiego czasu, gdyż rozbudowa sieci bardzo posunęła się naprzód. Nowoczesny układ energetyczny o wielokrotnie zamkniętych sieciach wszystkich napięć, łączący ogromne zespoły produkcyjne z ogromnymi zespołami odbiorczymi, wymaga ochron niezwykle dokładnych, szybko działających, niewrażliwych na kołysanie i spełniających szereg zadań pobocznych.

Nie zatrzymując się na szczegółach ochrony nadmiarowej i odległościowej, omawianej już na wrocławskim zjeździe SEPu w 1947 r.*), przedstawimy tutaj nowsze osiągnięcia w tej dziedzinie. Rozpatrzmy kolejno cztery grupy ochron.

*) R. Kurdziel i L. Biały. Ochrona sieci okręgowych od pretężeń (PE, 1947. z. 3/4. str. 74-81).

Gr. 1. Ochrona indywidualna

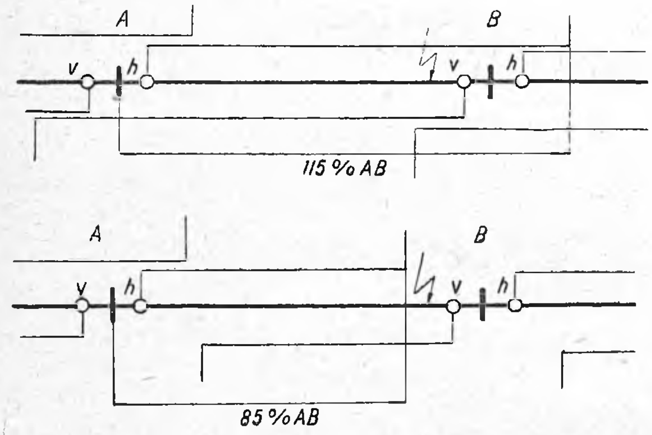
a) Statystyka ruchowa wykazała, że w sieciach najwyższych napięć (powyżej 100 kV) 85% zakłóceń to zwarcia z ziemią. Wystarczy więc zabezpieczyć oba końce odcinka sieci ochronami ziemnozwarciowymi kierunkowymi o charakterystyce czasowej odwrotnie proporcjonalnej do natężenia prądu zwarcia i jako ochronę rezerwową zastosować ochronę nadmiarową prądową czasowo zależną lub niezależną. Ten system ochrony nadaje się do sieci z uziemionym bezpośrednio punktem zerowym na mniej ważnych odcinkach.

b) Ochrona BBC L3. Jest to ochrona odległościowa 5-stopniowa, nazwana przez konstruktora ochroną „o polu wirującym"; właściwie jest to ochrona działająca na zasadzie porównania napięć fazy porażonej i zdrowej, posiada charakterystykę zbliżoną do biernooporowej.

c) Odmiany ochrony L3, a mianowicie L3wc i L3wd. Ochrony te, choć typu indywidualnego, nadają się do ponownego szybkiego włączania, które, jak wiadomo, musi się odbywać jednocześnie na obu końcach i pozwala na utrzymanie ciągłości ruchu w wypadku zwarć przemijających.

Ochrony posiadają strefę szybkiego wyłączenia rozszerzoną z 85% chronionego odcinka na 115%. W razie zakłócenia wyłączają ochrony na obu końcach jednocześnie w czasie 0,1 sek. Po pierwszym wyłączeniu strefa szybkiego wyłączenia wraca do normalnej długości i dlatego w razie trwałego zakłócenia na 15% odcinka sąsiedniego ulegnie wyłączeniu definitywnemu tylko odcinek sąsiedni (rys. 1).

Specjalne wykonanie L3wl posiada skompensowane pobudzenie „podpozorno-oporowe" dla uniknięcia przecięcia



Rys. 1

krzywej oporu pozornego rozruchowego z krzywą oporu pozornego ruchowego, co może się zdarzyć przy bardzo długich liniach przesyłowych.

Ochrony L3wc, wd, wl nadają się tylko do ponownego włączania trójfazowego.

d) Cały szereg ochron odległościowych konstrukcji czeskiej, francuskiej, radzieckiej, angielskiej i amerykańskiej różni się tylko wykonaniem od typów opisanych w referacie zjazdowym. Spotyka się charakterystyki biernooporowe, pozornooporowe i mieszane.

Gr. 2. Ochrona odcinkowa (pilotami lub przy pomocy wielkiej częstotliwości)

Ochrony indywidualne z wyjątkiem opisanej w gr. 1a są wrażliwe na przesunięcia fazowe pomiędzy elektrowniami wskutek zwarcia. Ochrony biernooporowe wyłączają przy przesunięciu fazowym 90°, pozornooporowe przy 130°, L3 — przy 142°. Praktyka wykazała, że dla osiągnięcia możliwie największej stateczności ochrony powinny wyłączać dopiero przy przesunięciu fazowym = 180°, a więc w chwili, gdy stateczność nie da się utrzymać.

Dla ochron indywidualnych przy przekroczeniu wyżej podanych kątów przesunięcia fazowego żadne urządzenia ryglujące przy kołysaniach nie uchronią od wyłączenia. Prócz tego ochrony indywidualne z wyjątkiem opisanych w gr. 1c nie pozwalają na ponowne włączanie. Dlatego należało wynaleźć układy, pozwalające na ponowne włączanie i niewrażliwe na przesunięcia fazowe pomiędzy elektrowniami.

a) Ochrona porównawcza kierunkowa — mocy. Zasada jej jest podana w cytowanym wyżej referacie R. Kurdziela i L. Białego, lecz zamiast pilotów zastosowano kanały wielkiej częstotliwości. Jeżeli człony kierunkowe ochron na obu końcach odcinka wychylą się w jednym kierunku, miejsce zakłócenia znajduje się poza odcinkiem chronionym i ochrona nie wyłącza. Natomiast w razie zakłócenia na odcinku chronionym człony kierunkowe wychylą się w kierunkach przeciwnych i ochrona wyłącza. System ten nadaje się do zastosowania przy pomocy ochron odległościowych z dodatkowym stykiem na członie kierunkowym. Wiele ochron ten styk posiada. Wówczas ochrona odległościowa stanowi rezerwę dla ochrony porównawczo-kierunkowej mocy. Przy bardzo długich liniach o dużej oporności system ten daje czasem wyłączenia błędne.

W razie zastosowania specjalnej ochrony kierunkowej należy stworzyć ochronę rezerwową zwykłymi przekaźnikami prądowymi nadmiarowymi.

Ochronę odcinkową przy pomocy wielkiej częstotliwości można również uzyskać z ochronami opisanymi w gr. 1a.

Ochrony porównawczo kierunkowe mocy opisane wyżej pozwalają na włączanie ponowne trójfazowe.

b) Ochrony prądowe. Są to wszelkie systemy różnicowe (Merz-Price Mc-Coll, Translay) bardzo popularne w Anglii, nadające się do krótkich odcinków, z zastosowaniem pilotów.

Wielką przewagą nad systemami poprzednimi jest niestosowanie układu pomiarowego napięciowego, a więc zaoszczędzanie transformatorów miernyczych napięciowych, a zarazem usunięcie „strefy martwej", spowodowanej zanikiem napięcia przy zwarciu trójfazowym w bliskości miejsca zainstalowania ochrony. Ochrony te nadają się do ponownego włączania jedno- lub trójfazowego (zależnie od systemu) i są niewrażliwe na kołysanie.

Gr. 3. Ochrona z zastosowaniem filtru składowych symetrycznych

Ochrony opisane w gr. 2a pozwoliły osiągnąć niezależność od przesunięć fazowych i ponowne włączanie, a ochrony w gr. 2b pozwoliły osiągnąć niewrażliwość na kołysanie i na „strefę martwą", jednak posiadały one szereg wad, a mianowicie: typy z gr. 2a — wrażliwość na kołysanie, strefę martwą, niemożność stosowania ponownego włączania jednofazowego, wielką komplikację podstawowej ochrony odległościowej (L3 składa się z 18 przekaźników); typy zaś z gr. 2b — przydatność tylko dla krótkich odcinków sieci, wielki koszt pilotów.

Konstruktorzy skorzystali ze znanych własności składowych symetrycznych, aby zbudować nowe typy ochron, łączące zalety wszystkich powyżej wymienionych, a prócz tego posiadające mniej przekaźników mechanicznych, mniej części ruchowych. Tak powstały nowe typy ochron o następujących cechach:

1) czas działania niezwykle krótki — do 0,05 sek. i nawet mniej,
2) możność ponownego włączania 1- lub 3-fazowego,
3) niewrażliwość na kołysanie,
4) brak w wielu typach transformatorów napięciowych,
5) brak „strefy martwej",
6) bardzo mała ilość części ruchomych.

a) Typ przejściowy powstał z ochrony odległościowej i porównawczo-kierunkowej mocy; stosowany jest we Francji, składa się z następujących części:

3 człony pobudzające podpozorno-oporowe,

1 człon pobudzający pod działaniem składowej zerowej prądu,

1 człon kierunkowy pod działaniem składowej zerowej i ujemnej, przełączanej na dodatnią w wypadku zwarcia trójfazowego wykrytego przez człony podpozorno-oporowe,

1 urządzenie ryglujące przy kołysaniach,

1 urządzenie do ryglowania przy pomocy wielkiej częstotliwości.

b) Typ najnowszy oparty na działaniu składowych symetrycznych prądu. Polega on na porównaniu fazy skła-

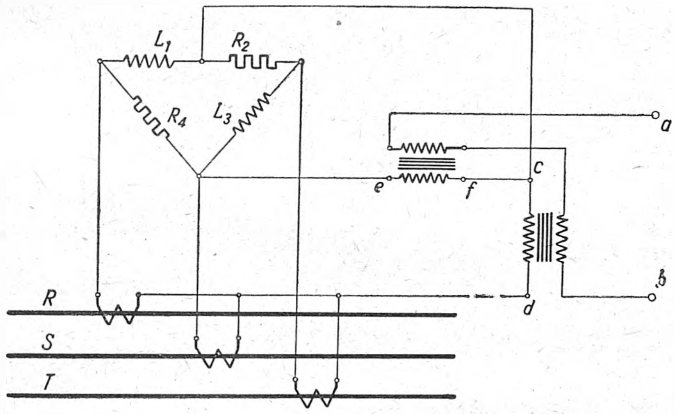
dowych symetrycznych prądu na obu końcach chronionego odcinka. Ochrony te posiadają 1 przekaźnik mechaniczny, dający impuls do wyłącznika.

Gr. 4. Ochrona specjalna

Pozostałe przekaźniki są to lampy elektronowe. Porównanie faz odbywa się przy pomocy kanałów wielkiej częstotliwości. Ograniczymy się tu do podania tylko schematów 2 filtrów (rys. 2 i 3) do uzyskania składowych symetrycznych.

Ochrona SEM (rys. 2). Jeśli $R_4 = L_3\,\omega$, $L_1\,\omega = R_2' = \frac{R_4}{\sqrt{3}}$, prąd w przekątnej *ef* zależy wyłącznie od składowej ujemnej i zerowej.

Dla osiągnięcia działania ochrony w przypadku zwarć dwufazowych z prądem zwarcia równym co najmniej



Rys. 2

prądowi znamionowemu wprowadzono dodatkowe uzwojenie *cd*.

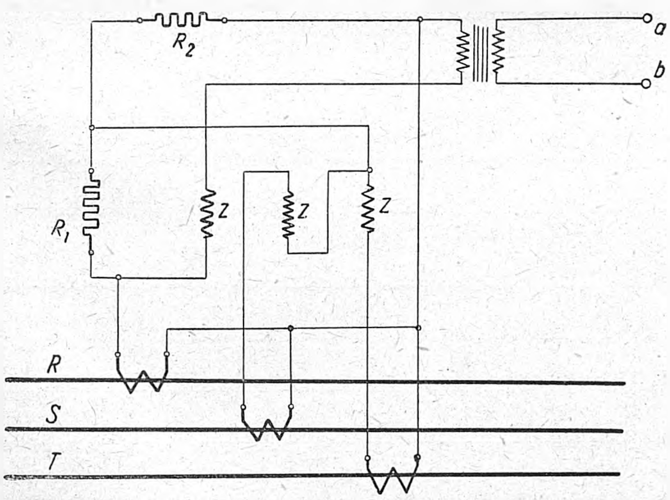
Dla osiągnięcia działania ochrony przy trójfazowych zwarciach symetrycznych elementy filtru są nastawione nieco inaczej niż podano, by otrzymać również i część składowej dodatniej.

Ochrona Westinghouse'a (rys. 3) opiera się na działaniu składowej dodatniej i zerowej, przy czym filtr wydziela wielkość równą $I_1 + KI_0$; $R_0 = \frac{2}{3} KR_1 - \frac{R_1}{3}$.

Indukcja wzajemna pomiędzy poszczególnymi *z* równa się $R_1\sqrt{3}$.

III. Racjonalne projektowanie ochrony i właściwy jej dobór.

a) Projektowanie ochron generatorów i transformatorów jest rzeczą stosunkowo najłatwiejszą. Kryterium sta-



Rys. 3

nowić będzie wartość obiektu chronionego. Jest rzeczą oczywistą, że dla maszyn dużych zastosujemy pełne ochrony opisane w rozdz. II pod 1), dla maszyn mniejszych — ochrony odpowiednio prostsze.

b) O projektowaniu ochron szyn zbiorczych ograniczamy się w ramach niniejszego artykułu do tego, co powiedziano pod II-2.

c) Sprawa doboru i projektowania ochron sieciowych jest najtrudniejsza i dla tych ochron podamy pewne ogólne wytyczne, podkreślając jednak z naciskiem, że każdy problem musi być osobno przestudiowany i przeanalizowany. Nie ma ochron uniwersalnych i nie można wybrać typu jednolitego dla całej sieci, gdyż nie dałoby to właściwego efektu i byłoby gospodarczo nieuzasadnione, albowiem siłą rzeczy trzeba się stosować do wymagań maksymalnych.

Wybór typu ochrony zależy od szeregu takich czynników, jak sieć kablowa czy napowietrzna, izolowana uziemiona czy skompensowana, konfiguracja sieci, odległość między stacjami, napięcie, rodzaj zakłóceń i częstość ich występowania, możliwość kołysań itp.

Jeżeli dla linii istniejących doświadczenia ruchowe mogą udzielić obszernego materiału informacyjnego ścisłego, to dla linii nowych należy posiadane doświadczenia odpowiednio wykorzystać. Następnie należy pamiętać, że zabezpieczenie nie jest celem samym w sobie, lecz tylko środkiem, służącym do wyeliminowania, względnie zmniejszenia rozmiarów uszkodzeń i zmniejszenia przerw w ruchu przez stosowne odłączenie chronionego urządzenia, przy czym pewność działania ochrony wymaga istnienia ochron rezerwowych. Z tego powodu koszt ochrony winien być dostosowany do wartości chronionego urządzenia (generatory i transformatory), a w sieciach w stosunku do ważności przesyłu energii. Kryterium będzie tu wymagana ciągłość dostawy energii, a więc ważność linii.

Należy zwrócić szczególną uwagę na następujące punkty:

a) Cała sieć pracująca równolegle winna być możliwie jednolicie zabezpieczona i zabezpieczenie to winno być skoordynowane z zabezpieczeniem sieci nadrzędnej. Łączenie w jednym ciągu ochron odcinkowych i odległościowych, nadmiarowych i odległościowych lub odległościowych o różnych charakterystykach wymaga szczególnej ostrożności.

b) Ochrony ujmujące podwójne zwarcie z ziemią należy stosować jedynie w sieciach na słupach żelaznych, gdyż w sieciach na słupach drewnianych zwarcia tego rodzaju należą do rzadkości.

c) Zjawisko kołysania występuje przeważnie przy pracy równoległej elektrowni połączonych ze sobą linią o dużej oporności. Im krótsze połączenie, im mniejsza oporność, im więcej połączeń równoległych — tym mniejsze prawdopodobieństwo powstania kołysań.

d) Przekaźnikami nadmiarowo-kierunkowymi można zabezpieczyć i bardziej złożoną sieć, jeżeli najmniejszy prąd zwarcia jest większy od największego prądu obciążenia i jeżeli liczba stopni nie przekracza 4—5.

e) Ochrona odległościowa pracuje najlepiej w sieci wielokrotnie zamkniętej o mniej więcej równych odcinkach. Promieniowe odgałęzienia mogą otrzymać ochronę nadmiarową, jeżeli zasilają odbiory nie wymagające stopniowania czasu. Należy jednak raczej stosować i tu ochronę odległościową. Nie wolno stosować odgałęzień niezabezpieczonych. Należy pamiętać, że czas własny najpowolniejszego wyłącznika w sieci decyduje o wybiorczości.

f) Przy zabezpieczeniu pierścienia sieciowego należy brać pod uwagę, czy pierścień jest „pełnowartościowy", tzn. czy w wypadku prawidłowego wyłączenia jednego odcinka pierścienia odcinki pozostałe będą mogły w dalszym ciągu pracować. Jeśli z powodu niedostatecznych przekrojów nie będzie to możliwe, kosztowna ochrona poszczególnych odcinków takiego pierścienia nie bedzie ekonomicznie uzasadniona. Zastosowanie urządzeń odciążających samoczynnie przeciążoną część pierścienia poprawia sytuację.

g) Nie można projektować zabezpieczeń bez znajomości prądów zwarcia. Od prądów zwarcia zależy ruchowe powiązanie sieci, zamknięcie pierścieni, zastosowanie dławików itp. Od tego zależy wybór typu ochrony, pobudzenia itp.

h) Rozpiętość między najmniejszym a najwiekszym prądem zwarcia ma ogromne znaczenie. Przekaźnik jest przyrządem pomiarowym i nie może posiadać jednakowej dokładności i czułości w dowolnych granicach. Przekroczenie wielkości dopuszczalnych powoduje znaczne błędy,

przy małych wartościach mierzonej wielkości nie ma mowy o pomiarze.

i) Inne zabezpieczenia. Dla długich odcinków sieci należy stosować inne zabezpieczenia niż dla krótkich.

j) Jeśli względy ruchowe będą wymagały samoczynnego ponownego włączania, należy zastosować odpowiedni system zabezpieczeń, gdyż konieczne jest wówczas jednoczesne wyłączenie na obu końcach porażonego odcinka sieci.

k) Przy liniach dwutorowych należy stosować ochronę poprzeczną.

IV. Gospodarka sprzętem przekaźnikowym.

Ochrona najracjonalniej zaprojektowana i zainstalowana nie będzie jednak spełniała należycie swych zadań, jeżeli nie będzie równocześnie prowadzona racjonalna gospodarka eksploatacyjna całym sprzętem przekaźnikowym i pomocniczym.

Dobrze zorganizowana gospodarka zabezpieczeniowa powinna obejmować:

a) stałą aktualizację dokumentacji sprzętu,

b) badania ruchowe i remonty,

c) statystykę i analizę działania przekaźników.

Jedną z form podstawowej dokumentacji jest karta przekaźnikowa, której wzór podają tabl. I i Ia. Karty takie należy prowadzić dla wszystkich przekaźników wtórnych, pierwotnych, pomocniczych, a podobne karty także dla transformatorków, do których przekaźniki te są przyłączone. Na karcie po jednej stronie są zapisane wszelkie dane techniczne charakteryzujące dany aparat, po drugiej — stale notuje się miejsce, w którym dany aparat znajduje się w chwili obecnej. Karty są numerowane i numer ten powtarza się w dalszej dokumentacji, pozwalając na łatwe odszukiwanie podstawowej karty przekaźnika.

Dalsza dokumentacja łączy się z bieżącymi pracami gospodarki eksploatacyjnej, a więc z badaniem ruchowym i remontem przekaźników.

Badania ruchowe są jedną z najważniejszych czynności eksploatacyjnych nie tylko w odniesieniu do samych elementów ochrony, ale przede wszystkim do urządzeń przez nią chronionych. Badania te należy prowadzić według

Tablica Ia

Przekaźnik (główny, pomocniczy¹)) ______	Z. E. O. ______ | Nr kartoteki ______
(rodzaj) ______	Nr inwentarza ______
Firma ______	
Nr fabr. ______	Oznacz. fabr. (typ) ______
Nr schem. wewn. ______	

Wartości znamionowe		Opis techniczny	
I_n ____ A	Rozruch	Elementy rozruchowe zasadnicze²) ______ na ______ fazach	
U_n ____ V		Rozruch przy podwójnym zwarciu z ziemią³) ______	
______	Pomiar	Zakres czasowy ______ sek. ______	Charakterystyka
U_o ____ V		Zakres prądowy ______ A% ______	
I_o ____ A		Zakres napięciowy ______ V ______	
______		Zakres oporowy ______ Ω ______	
______	Pobór mocy	Obwód prądowy ______ Ω, V/fazę	
$U=$ ____ V		Obwód napięciowy ______ Ω, V/fazę	
______		Prąd stały ______ W	
______	Normalnie pracuje samodzielnie, z przekaźnikami¹) ______		
______	Rodzaj i liczba styków roboczych ______ sygnalizacyjnych ______		
______	Inne dane ______		

Uwagi ______

¹) Niepotrzebne skreślić ²) Prądowe, podpozornooporowe, napięciowe ³) Prądowy, napięciowy

Tablica Ib

Przekaźnik znajduje się stacja, pole, magazyn, naprawa	Data od	Data do	Uwagi

ustalonego z góry planu rocznego, ułożonego np. w formie harmonogramu. O wynikach i przebiegu każdego badania czy naprawy sporządza się na specjalnym druczku protokół. Konieczne jest opracowanie tych druków w ten sposób, by treść ich przypominała odrazu badającemu o konieczności wykonania tych lub innych badań i zapisania ich wyników w odpowiedniej rubryce protokółu. Oczywiście, do badania każdego typu aparatu winna być opracowana odpowiednia instrukcja.

Każda „rodzina" typów przekaźników musi posiadać oddzielny typ protokołów, np. różne muszą być typy dla przekaźników nadmiarowych, różnicowych, gazowych itd. Stosowanie tych samych druków dla kilku „rodzin" zaciemnia obraz protokółu, w którym wypełnia się zawsze

Tablica IIa

Z. E. O.	Podokręg	Stacja		OCHRONA Nr
______ kV	LINIA ______ Nr ____ Kat. ____	Długość km	Materiał i przekrój	
		$R =$ Ω na fazę; $x =$ Ω na fazę	$Z =$ Ω na fazę	

RODZAJ OCHRONY Nr schem.	TRANSF. PRĄD. szt.	NASTAWIENIE
Przekaźniki główne	Firma ______	Prądowe: linii ___ A; przekaźn. ___ A ___
Firma ______	Liczba przetęż. ______	Pobudzenia ______
Typ ______	Przekładnia ____ A ___	Czasowe zasadnicze ______ sek. ___
Nr fabr. ______	Obciążalność ____ VA ___	I st. ____ Ω ____ sek. ___
Nr kartoteki ______	Klasa ______	II st. ____ Ω ____ sek. ___
	Nr kart. ______	III st. ____ Ω ____ sek. ___
Przekaźniki pomocnicze	**TRANSF. NAPIĘC.** szt.	IV st. ____ Ω ____ sek. ___
Firma ______	Firma ______	V st. ____ Ω ____ sek. ___
Typ ______	Układ ______	Nastaw. pocz. charakt. ____ Ω sek. ___
Nr fabr. ______	Przekładnia ____ V ___	Czas końcowy ______ sek. ___
Nr kartoteki ______	Obciążalność ____ VA ___	Ziemnozwarciowe ______ sek. ___
Transf. pomocnicze	Klasa ______	Nast. transf. pom. ______
______	Nr kart. ______	______
______	**WYŁĄCZNIK** bieg.	______
______	Firma	______
______	Napięcie kV	______
______	Prąd A	______
______	Moc odł. MVA	
	Czas włączenia sek.	
	Prąd wybijaka A	
	Nap. pom. V V	

Data	zainstal. ______ / zdjęcia ______				UWAGI
KONTROLA	Nr protokółu	Nazwisko	Data	Nr protokółu	

zaledwie część rubryk. W czasie badań ruchowych dokonuje się także drobnych napraw, jak przeregulowanie czasów, czyszczenie styków itd.

Protokóły badań są cennym materiałem, który pozwala niejednokrotnie na przeprowadzenie wnikliwej analizy przebiegu zakłócenia, w czasie którego np. ochrona zadziałała wadliwie.

Każde działanie ochrony, wskutek którego urządzenie zostało wyłączone, musi być odnotowane w odpowiedniej karcie, której strona pierwsza wypełniona jest opisem technicznym całej ochrony, np. pola liniowego, transformatora itd., druga zaś przeznaczona jest właśnie na prowadzenie zapisów o przebiegu działania ochrony. Wzór takiej karty podają tabl. II i IIa.

Zapisy o wynikach i sposobach działania ochrony stanowią też cenny materiał statystyczny, umożliwiając wyciąganie wniosków co do wartości elementów ochrony oraz słuszności zastosowania jej w danych warunkach. Zestawienia roczne zapisów z kart ochron pozwalają na zebranie statystyk w ramach całej gospodarki zabezpieczeniowej co do procentowej liczby przypadków wadliwego działania każdego typu ochrony.

Poważną trudnością napotykaną przy analizie działania ochron jest to, że obsługa danego obiektu, czasem przez chęć ukrycia właściwego przebiegu zakłócenia, podaje nieścisłe lub nawet sprzeczne informacje co do czasu i sposobu działania ochrony. Równocześnie jednak nie można wydać zakazu kasowania wskazań działania ochrony natychmiast po wypadku, bo taki zakaz prowadziłby do zupełnej dezorientacji w razie kilku zakłóceń następujących jedno po drugim.

Walka z tą trudnością musi być prowadzona jedynie drogą uświadamiania obsługi co do ważności roli ochrony, a nadewszystko drogą szkolenia odpowiednich kadr zabezpieczeniowców, którzy objąwszy całą obsługę zabezpieczeń byliby wyłącznie odpowiedzialni za dokonywanie odczytów i kasowanie wskazań.

V. Organizacja oddziałów zabezpieczeniowych.

Jak widać z powyższego krótkiego ujęcia gospodarki zabezpieczeniowej, zadania i odpowiedzialność, które ta gospodarka nakłada na pracowników oddziałów zabezpieczeń, są bardzo poważne, a od dokładności w wypełnianiu tych zadań zależy niejednokrotnie bezpieczeństwo bardzo kosztownych urządzeń. To też w każdym zakładzie (elektrowni czy podokręgu) muszą być zorganizowane dobrze obsadzone i wyposażone oddziały zabezpieczeniowe. Ramy niniejszego artykułu nie pozwalają sięgnąć głębiej w zagadnienie organizacji tych oddziałów.

Interesujące może być to, w którym miejscu ogólnym schematów organizacyjnych należy umieścić oddziały zabezpieczeń. Na szczeblu zakładu nie nasuwa to żadnych wątpliwości. Natomiast w zjednoczeniu wątpliwość ta już się zjawia. Chodzi bowiem o to, że na tym szczeblu oddział zabezpieczeniowy zakresem swego działania sięga zarówno do elektrowni jak i do zakładów sieciowych (podokręgów), a nadto musi być ściśle powiązany z rozrządnią.

Nasuwa się więc odrazu logiczny wniosek, że na szczeblu zjednoczeń i Centralnego Zarządu Energetyki oddziały zabezpieczeniowe będą musiały w przyszłości być wyodrębnione i podlegać funkcyjnie bezpośrednio dyrekcji eksploatacji. Należy to, oczywiście, przyjąć jedynie jako wytyczną na przyszłość. W chwili obecnej, kiedy oddziały zabezpieczeniowe zaczynają się dopiero tworzyć, należy je podporządkować działom sieci, a to z tego względu, że na sieciach jest najwięcej zabezpieczeń, ponadto zaś sieć jest zawsze źródłem większości zakłóceń, a właściwe ograniczenie tych zakłóceń i niedopuszczenie do rozszerzania się ich na urządzenia wytwórcze jest podstawowym zadaniem oddziału zabezpieczeniowego. Z chwilą kształtowania się już w pełni organizacji rozrządu trzeba będzie w tej organizacji przewidzieć komórki rozrządcze zabezpieczeniowe, pomyślane w ten sposób, że do obowiązków ich należeć będzie projektowanie układów, systemów i nastawienia ochron. Wreszcie w ostatnim stadium rozwoju oba te oddziały złączą się w jeden wydzielony, jak to już przedstawiono wyżej.

VI. Szkolenie personelu na wszystkich szczeblach.

Cała organizacja oddziałów zabezpieczeniowych i gospodarki będzie mogła być w pełni zrealizowana z chwilą, gdy będziemy mieli odpowiednio wyszkolone kadry pracowników. W chwili obecnej nieliczna grupa pracowników zabezpieczeniowców rekrutuje się spośród ludzi, którzy bądź to dzięki osobistym zainteresowaniom, bądź też w praktyce ruchowej zdobyli odpowiedni zakres wiadomości z tej dziedziny. Grupa ta jest jednak bardzo nieliczna, to też odczuwa się katastrofalny brak specjalistów zabezpieczeniowców. Pozornie zdawać się może, że jest to wąska specjalność. Tymczasem wcale tak nie jest. **Zabezpieczeniowiec, zarówno ruchowiec jak i projektujący, musi jednocześnie być doskonałym znawcą zagadnień ruchowych wytwórni i sieci.**

Dotychczas jednak brak u nas zupełnie zorganizowanego szkolenia w tej dziedzinie. Sytuację pogarsza jeszcze

Tablica IIb

Zakłócenie				Przekaźnik główny	Przekaźnik główny			Ochrona wyłączyła									Ochrona nie wyłączyła z winy						
					czas biegu sek.			prawidłowo na skutek					nieprawidłowo na skutek										
Data	Godz.	Nr raportu	Rodzaj, przyczyna, miejsce	zadziałał na fazie	należny	odmierzony	Czy klapka sygnalizacyjna spadła	zwarcia metalicz.	zwarcia łukowego	przeciążenia	zwarcia z ziemią	podw. zw. z ziemią	ochrony	kołysania	działania ochr. rez.	innych przyczyn	przekaźnika	transf. miern.	połączeń	nap. pomocn.	wyłączn. w. n.	innych przyczyn	Uwagi
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
				R																			
				S																			
				T																			
				O																			
				R																			
				S																			
				T																			
				O																			
				R																			
				S																			
				T																			
				O																			
				R																			

brak książek, co uniemożliwia samokształcenie i dokształcanie. Świadomość szkód, które ten stan rzeczy przynosi energetyce, jest już powszechna. Nie wolno nam jednak ograniczyć się do stwierdzenia faktu. Musimy natychmiast zorganizować szkolenie na wszystkich szczeblach. Musimy zorganizować laboratoria dla prowadzenia ćwiczeń praktycznych, dawać stypendia tym, którzy chcą kształcić się w tej specjalności, jednym słowem musimy wykorzystać wszelkie środki, ażeby zapewnić sobie dostateczną liczbę specjalistów.

INŻ. A. LIDWIN i INŻ. J. TROJAK

Projekt zabezpieczenia sieci 110-kilowoltowych*)

Treść. W artykule podano wytyczne do opracowania projektu zabezpieczenia układu 110-kilowoltowego i sposób jego realizacji.

Проект защиты сетей на 110 kV. В статье даются основные положения для разработки проекта защиты сетей на 110 kV и способ его осуществления.

Scheme for the protection of 110 kV system. Directions are given as to the preparation of a scheme for the protection of a 110 kV network and as to the method in which it can be realised.

Projet de protection d'un réseau à 110 kV. L'auteur indique les bases pour l'étude d'un projet de protection d'un système à 110 kV et les moyens de le réaliser.

1. Uzasadnienie konieczności zmiany dotychczasowego zabezpieczenia.

Obecny sposób zabezpieczenia śląskich sieci 110-kilowoltowych jest zupełnie niewystarczający. Większość zainstalowanych w sieci przekaźników — różnych fabrykatów i odmian — nie jest dostosowana do pracy w układzie z uziemionym punktem zerowym, a zatem i do należytego reagowania na wszelkiego rodzaju uszkodzenia i zwarcia występujące w sieci. Zastosowane w różnych punktach sieci pomocnicze urządzenia przekaźnikowe nie są w stanie usunąć braków przekaźników podstawowych zwłaszcza dla wszystkich możliwych wartości prądów przy zwarciach jednofazowych z ziemią i podwójnych zwarciach z ziemią.

Stało się rzeczą jasną, że wystarczająco dobre zabezpieczenie tych sieci można uzyskać przez zainstalowanie — zamiast różnorodnych przekaźników obecnych — jednego tylko typu przekaźnika odpowiedniego do obecnego rozwiązania sprawy punktu zerowego sieci i lepiej dopasowanego do napięcia 110 kV niż przekaźniki dotychczasowe.

2. Założenia projektu.

Zasadniczym punktem wyjścia dla doraźnego opracowania nowego planu zabezpieczeń układu 110-kilowoltowego było otrzymanie w ostatnim czasie ze Szwaicarii 30 sztuk przekaźników odległościowych typu L3, zamówionych przez CZE w 1946 r.

1) Zastosowanie zatem przekaźników L3 we wszystkich punktach odejść sieci 110 kV jest założeniem podstawowym projektu.

2) Z uwagi na nieprzezwyciężalne trudności przy prawidłowym stopniowaniu przekaźników w sieci — w przypadku zawiedzenia ochrony na odejściach po dolno-napięciowej stronie transformatorów przyłączonych do szyn 110 kV — zrezygnowano z 5-go stopnia charakterystyki przekaźnika L3, przekaźnik ten bowiem powoduje wyłączanie niekierunkowe dla dowolnie nastawionego czasu piątego stopnia, a więc uniemożliwia działanie wybiorcze jako ochronę rezerwową w razie wspomnianych co tylko nieprawidłowości w zachowywaniu się ochron lub wyłączników na odejściach, co może doprowadzać do rozpadania się całego układu.

3) Przyjęto, że przekaźniki L3 posiadają właściwości techniczne zgodne z danymi podanymi w zestawieniach i opisach firmowych oraz zgodne z wynikami dokonanych przez nas prób i badań.

4) Przyjęto, że dane co do linii, transformatorów, generatorów i transformatorów mierniczych, zgłoszone przez poszczególne zjednoczenia odpowiadają rzeczywistości i że wobec tego obliczone na tej podstawie parametry tych obiektów są miarodajne dla dalszych obliczeń.

5) W sprawie zabezpieczenia obiektów przyłączonych do szyn 110 kV, jak również odejść po dolno-napięciowej stronie transformatorów 110-kilowoltowych, przyjęto w zasadzie zgłoszone przez zjednoczenia typy ochron i ich pożądane nastawienia lub charakterystyki.

6) W przypadkach, kiedy zgłaszane przez zjednoczenie nastawienia wspomnianych obiektów nie mogły być utrzymane, zaprojektowano ich zmianę.

3. Wytyczne projektowania.

Wytyczne projektowania powinny uwzględniać wymagania w sprawie budowy, ruchu oraz zabezpieczeń.

α) Budowa i konfiguracja układu

Obecny ideowy układ posiada następujące cechy charakterystyczne:

a) bardzo krótkie linie w części zachodniej łączące elektrownie o dużych mocach oraz dłuższe, a nawet stosunkowo bardzo długie linie w pozostałej części układu;

b) zamknięty pierścień na zachodzie w postaci trójkąta Chorzów—Szombierki—Zabrze z odgałęzieniem Zabrze—Łaziska oraz otwarty trzon Chorzów—Mościce—Warszawa, z odnogami Łagisza—Łódź, Mościce—Rożnów i Starachowice—Stalowa Wola, tworzący resztę układu;

c) punkt węzłowy w Łagiszy „okaleczony" z powodu braku transformatorów prądowych i napięciowych dla punktów odejściowych do Chorzowa i Będzina, wskutek czego istniejące tam wyłączniki są zdegradowane do roli odłączników;

d) przyłączony w Ostrowcu do linii Starachowice—Stalowa Wola — bez sekcjonowania linii — transformator o mocy 15 MVA, 110/30 kV.

β) Praca układu

Ogólną cechą pracy układu jest współpraca równoległa wszystkich jego elektrowni w sposób ciągły, z czasem użytkowania szczytu powyżej 5 000 godzin rocznie. Wymiana energii między poszczególnymi elektrowniami jest po większej części dwustronna i zależy od ogólnej sytuacji ruchowej, określonej zarówno przez moc wytwórczą poszczególnej elektrowni, moc jej własnych odbiorców i jej układ ruchowy, jak również przez celowość — określoną względami gospodarczymi i elektrycznymi — w przesyłaniu nadmiaru czy pokrywaniu braku mocy. Wymiana ta jest uzgadniana i kierowana centralnie przez głównego rozrządcę.

Układ ruchowy elektrowni okręgów wschodnich i północnych nie ulega w zasadzie żadnym zmianom; zmianie podlega tylko stosunek mocy wytwarzanej do mocy zapotrzebowanej. Inaczej przedstawia się pod tym względem sytuacja ruchowa w układzie ZEOG. Jego cztery zachodnie elektrownie połączone są między sobą w czworobok Chorzów — Szombierki — Zabrze — Łaziska — Chorzów z przekątną Chorzów—Zabrze, przy czym linia Chorzów—Łaziska na napięciu 60 kV, a pozostałe cztery linie na napięciu 110 kV.

W zależności od kształtowania się wspomnianych przesłanek ruchowych, układ ruchowy zachodniej części systemu ZEOG może posiadać następujące warianty:

a) Chorzów — Szombierki — Zabrze — Łaziska,

b) Chorzów — Zabrze — Łaziska z odnogą Zabrze — Szombierki,

*) Artykuł dyskusyjny.

c) Chorzów — Zabrze — Łaziska z odnogą Chorzów — Szombierki przy istniejącym stale połączeniu 60 kV Łaziska — Chorzów oraz

d) Szombierki — Zabrze — Łaziska— Chorzów.

Z podanych czterech wariantów rzadko zdarzającym się w praktyce jest wariant podany pod c).

γ) Zabezpieczenia

Sprowadzają się one do następujących punktów:

a) zasady możliwie najszybszego wyłączania elementu dotkniętego zakłóceniem ruchu;

b) zasady obejmowania pierwszym stopniem charakterystyki jak największej części oporności chronionego obiektu;

c) zasady wybiorczego odłączania zwarć w założeniu, że wszystkie ochrony i wyłączniki działają prawidłowo i niezawodnie;

d) zastosowania takiego zasięgu oporu rozruchowego pozornego dla każdego przekaźnika L3, żeby w całym ciągu wszystkich linii 110-kilowoltowych oprócz czasu zasadniczego był przynajmniej jeden rezerwowy stopień czasowy;

e) zasady utrzymania pracy równoległej układu w razie zawiedzenia ochrony lub wyłącznika któregoś z odpływów na dolnym napięciu transformatorów 110-kilowoltowych.

4. Metoda projektowania i uzasadnienie przebiegu niektórych charakterystyk.

1) Plan stopniowania można opracować w zasadzie dwojako.

a) Można uzgadniać charakterystyki przekaźników zainstalowanych w pewnych obranych odcinkach układu po odrzuceniu pozostałej jego części przy późniejszym uzgodnieniu charakterystyk w tak wydzielonych a współzależnych fragmentach. W tym rozwiązaniu można więc było projektować plany częściowe dla następujących ciągów linii: 1) Łaziska — Chorzów — Łódź, 2) Łaziska — Chorzów — Mościce — Rożnów, 3) Łódź — Łagisza — Mościce — Rożnów, 4) Rożnów — Mościce — Starachowice — Warszawa, 5) Rożnów — Mościce — Starachowice — Stalowa Wola, 6) Warszawa — Stalowa Wola — z założeniem, że niezależnie od tego będą uzgodnione charakterystyki przekaźników w zachodniej części układu ZEOG, dla czterech możliwych wariantów ruchowych, zgodnie z rozdz. 3.

b) Można przyjąć jeden ciąg liniowy jako główny i rzutować na niego odpowiednio w punktach węzłowych istniejące odgałęzienia, jako fragmenty „nierealne" w tym ciągu. W tym wykonaniu należy ustalić pomocnicze charakterystyki dla obu przekaźników umieszczonych na końcach odcinka odgałęźnego i stopniować wzajemnie te przekaźniki względem czterech przekaźników umieszczonych w dwóch przylegających odcinkach ciągu głównego.

Oba te sposoby mają zalety i wady.

W niniejszej pracy obrano drugi z tych sposobów, przy czym oprócz oddzielnego rozwiązania wariantu ZEOGu zrobiono pomocnicze wykresy dla odgałęzień: Łagisza — Łódź, Mościce — Rożnów, Starachowice — Stalowa Wola i uzgodniono je odpowiednio z charakterystykami głównego ciągu liniowego Chorzów — Mościce — Warszawa.

W celu niekomplikowania wykresu głównego wypuszczono w nim charakterystykę przekaźnika w Łagiszy w kierunku na Śląsk, zwłaszcza że stopniowanie z charakterystyką tego przekaźnika odpada wskutek dużej długości odcinka Łagisza — Łódź.

2) Przedstawione w rozdz. 3 postulaty w sprawie zabezpieczeń zostały w większości spełnione. Odchylenia od wymienionych wymagań, których nie dało się wyeliminować, są następujące:

a) Teoretycznie nie jest możliwe takie ukształtowanie charakterystyk (nawet schodkowych) przekaźników, zainstalowanych w zamkniętym wieloboku posiadającym nadto odgałęzienia, żeby charakterystyki te nie przecinały się w żadnym punkcie, dla wszelkich możliwych punktów zwarcia we wszystkich odcinkach wieloboku i w odcinkach sąsiednich. Z tej przyczyny w naszym projekcie w dwóch przypadkach charakterystyki przecinają się na wyższych stopniach (rezerwowych). Jeden z tych nieuniknionych przypadków może zdarzyć się zresztą w bardzo rzadkim stosunkowo układzie ruchowym sieci ZEOG, podanym pod 3. β c. Drugi przypadek oznacza ewentl. wcześniejsze odłączenie się sieci ZEOK przy utrzymaniu się w ruchu sieci ZEOG.

b) Z uwagi na krótkość odcinka Będzin — Łagisza, który nie mógł być objęty przez przekaźnik w Będzinie z czasem 0,1 s, czas stopnia pierwszego podwyższono do 0,5 s, powiększając odpowiednio długość stopnia.

c) W celu utrzymania współpracy równoległej elektrowni Stalowa Wola z linią Rożnów — Warszawa w wypadku zakłócenia na odgałęzieniu w Ostrowcu musiano charakterystyki przekaźników w Stalowej Woli i w Starachowicach na odejściu do Stalowej Woli stopniować tak, jakby chronione przez nie odcinki posiadały w Ostrowcu swoje zakończenie.

d) Przy stopniowaniu przekaźników na dwóch odcinkach, wychodzących z pewnego węzła, względem odpowiedniego przekaźnika na trzecim odcinku, wychodzącym z tego węzła nie stosowano z reguły zasady pierwszeństwa dla któregokolwiek z dwu pierwszych przekaźników, ponieważ ze stanowiska ruchu lub zakłóceń nie znaleziono przesłanek wystarczająco usprawiedliwiających konieczność wprowadzenia zasady uprzywilejowania. Dodatkowym argumentem w tym względzie były również zmniejszona liczba stopni przekaźnika i stosunkowo krótki czas końcowy przekaźnika L3

Projekt opracowany według powyższych założeń i wytycznych nie jest jeszcze projektem całkowicie wystarczającym. Jego braki — zresztą nie zasadnicze — wypływają raczej z możliwości technicznych będącej do dyspozycji aparatury zabezpieczającej. Dalsze usprawnienie układu zabezpieczeń może być osiągnięte:

1) przez poprawienie całokształtu ochrony transformatorów, jako elementów sprzęgających układy sieciowe o różnych napięciach, i

2) przez zastosowanie dla bardzo krótkich odcinków liniowych właściwej dla nich ochrony tj. ochrony różnicowej podłużnej.

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (CEI)

Sprawozdanie z Konferencji w Stresie (Włochy)

w dniach 13—18. VI. 49 r.

PKE wziął udział w Konferencji MKE po raz pierwszy po wojnie w osobach przedstawicieli: inż. K. Kolbińskiego (przewodniczącego PKE) oraz delegatów prof. J. Skowrońskiego i prof. St. Szpora.

W programie konferencji w Stresie były posiedzenia władz MKE oraz sześciu komitetów normalizacyjnych: Napięcia i prądy normalne, izolatory wysokich napięć (8), Oleje izolacyjne (10), Koordynacja izolacji (28). Nomenklatura — słownictwo (1). Wyłączniki (18) i Aparaty elektronowe [prostowniki] (22).

W konferencji wzięły udział delegacje 13 państw: Austria, Belgia, Czechosłowacja, Francja, Holandia, Norwegia, Polska, Stany Zjednoczone Ameryki, Szwajcaria, Szwecja, Wielka Brytania, Węgry i Włochy.

Delegacja PKE wzięła udział w posiedzeniach wszystkich Komitetów z wyjątkiem Komitetu 22.

Uchwały władz MKE

Komitet Wykonawczy (Comité d'Action) załatwił szereg takich spraw, jak przyjęcie poprawek do statutu, budżet, ustalenie listy członków komitetu finansowego i inne.

Rada (Conseil), w której skład wchodzą przewodniczący delegacji wszystkich państw oraz przedstawiciele Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych

(CIGRE) oraz Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO), wybrała przez aklamację dra M. Schiessera, przewodniczącego Komitetu Szwajcarskiego, na przewodniczącego MKE.

Następnie Rada przyjęła sprawozdanie finansowe oraz projekt budżetu na rok 1950.

Ze spraw dotyczących Komitetów fachowych powołano w Komitecie 5 podkomitet do spraw normalizowania grupy turboalternatorów oraz rozdzielono dotychczasowe zagadnienia Komitetu 8 w taki sposób, że pozostały w nim napięcia, prądy i częstotliwości normalne, nowemu zaś Komitetowi 36 przydzielono próby i badania wysokim napięciem. Obsadzono również stanowiska przewodniczących i sekretariatów w szeregu komitetów.

Rada postanowiła stałą wymianę norm wszystkich krajów między sobą dla zacieśnienia współpracy.

Do Komitetu Wykonawczego powołano na lata następne:

na lat 3 — Francję, Szwecję, Szwajcarię,

na lat 6 — Stany Zjednoczone Ameryki, Czechosłowację, ZSRR,

na lat 9 — Belgię, Włochy, Wielką Brytanię.

Ponieważ w 1954 r. upływa 50 lat od I Kongresu MKE w St. Louis, Komitet Amerykański zaproponował, aby Konferencja MKE w roku 1954 odbyła się w Ameryce.

Najbliższa Konferencja MKE w roku 1950 odbędzie się w Paryżu po Konferencji MKWSE (w lipcu).

Prace komitetów

(1) Słownictwo.

MKE przystępuje do prac nad wydaniem nowego słownika grupowego w językach: angielskim, francuskim i rosyjskim jako urzędowych oraz niemieckim, hiszpańskim, szwedzkim, włoskim i jednym z języków słowiańskich używających alfabetu łacińskiego (sprawa ta będzie uzgodniona między Komitetami krajowymi). Do czasu wydania nowego słownika odbita będzie pewna ilość egzemplarzy słownika przedwojennego. Ilość ta będzie ściśle określona według zapotrzebowania poszczególnych Komitetów krajowych.

(8) Izolatory, napięcia i prądy.

Komitet ustalił następujące określenia dla sieci i dla aparatów.

Dla sieci:

1) napięcie znamionowe (wartość umowna),

2) napięcie robocze w pewnym punkcie (wartość średnia w czasie),

3) napięcie robocze sieci (wartość średnia w czasie i przestrzeni),

4) najwyższe napięcie robocze sieci.

Najwyższe napięcie robocze — dla napięć znamionowych od 100 do 1000 V — może przekroczyć napięcie znamionowe najwyżej o 10%.

Dla aparatów:

1) napięcie znamionowe (gwarantowane),

2) napięcie znamionowe izolacji.

Jako normalne poniżej 1000 V przyjęto napięcia:

sieci jednofazowe	120-240, 127, 220 V
sieci trójfazowe	127-220, 220/380 V
lub	120/208, 240/415 V
oraz	500 lub 600 V

Dla transformatorów napięciowych obok 100 i 110 V przyjęto również 200 i 220 V.

Dla napięć wyższych ustalono tablicę I.

W sprawie prądów normalnych za szereg normalny należy uważać:

10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80 A

oraz te liczby mnożone przez 10 i 100; wartości zaokrąglone 15, 30, 60 i 75 A stosować można raczej tylko dla przyrządów.

Dla mocy zwarciowej na razie pozostaje się przy wartości prądu zwarciowego 0,1 A.

(10) Oleje izolacyjne.

Celem przyśpieszenia prac powołano podkomitet w składzie 8 osób. Postanowiono, że podkomitet olejowy będzie ściśle współpracował z komitetem olejowym Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych (CIGRE).

Próba sztucznego starzenia oleju transformatorowego jest tematem zasadniczym. W aparaturze, która musi być opracowana, należy uwzględnić alternatywnie sprawę lotnych produktów starzenia (zatrzymanie w aparacie lub usuwanie na zewnątrz). Również trzeba przewidzieć możliwość pomiaru ilości tlenu pochłanianego przez olej podczas starzenia. Próba i aparatura muszą być mało skomplikowane i czas trwania próby możliwie krótki. Nadawać się muszą do określania jakości olejów zarówno świeżych jak i używanych.

Tablica I. Napięcia znamionowe i robocze

Napięcie znamionowe (kV)	Największe napięcie robocze (kV)	Napięcie znamionowe (kV)	Największe napięcie robocze (kV)
3	3,5	85	100
6	7	110	125
10	11,5	130	145
15	17,5	150	170
20	23	225	250
30	35	275	300
45	52	380	400
60	70		

Przede wszystkim ma być opracowana metoda o charakterze badawczym, którą następnie dałoby się przerobić na metodę do prób odbiorczych.

W dyskusji podkreślono, że sztuczne starzenie olejów transformatorowych często nie daje wyników identycznych ze starzeniem olejów podczas pracy transformatora.

Za kryteria do ustalania metody badań starzenia olejów należy uważać: tworzenie się osadu i wzrost kwasowości. Ogólnymi wytycznymi dla przepisów międzynarodowych dotyczących sztucznego starzenia olejów są: ustalenie definicji i uzgodnienie metod określenia wymienionych wyżej wskaźników starzenia, a więc osadu i kwasowości i związanych z tym — liczby zmydlania, stratności dielektrycznej i napięcia powierzchniowego.

Tablica II. Napięcia probiercze i udarowe

Napięcie znamionowe		Najwyższe napięcie robocze		Napięcie probiercze izolacji olejowej (50 okr/s)		Wytrzymywane napięcie udarowe
Izolowany punkt zerowy	Skutecznie uziemiony punkt zerowy	Izolowany punkt zerowy	Skutecznie uziemiony punkt zerowy	A	B	C
kV	kV	kV	kV	kV	kV	kV
6		7		15	25	60
10		11,5		24	34	80
15		17,5		36	42	100
20		23		47	55	130
30		35		71	80	190
45		52		105	110	260
60		70		141	140	330
	80		100			380
85	110	100	125	180	190	450
110	130	125	145	225	230	550
130	150	145	170	260	265	630
150		170		305	305	730
	225		250			890
225		250		450		1 050

Podkomitet zajmie się również sprawą stosowania do olejów transformatorowych domieszek konserwujących olej, wprowadzonych po wojnie przez przemysł amerykański (dwa typy aparatury ASTM). Oleje z takimi domieszkami („inhibitorami") mogą pracować dłużej i w wyższych temperaturach.

W wyłącznikach używa się przeważnie oleju tych samych gatunków co w transformatorach z uwzględnieniem jedynie konieczności niższego punktu krzepnięcia (okolice górskie). Niektóre kraje (Włochy, Szwajcaria) stosują do wyłączników stary olej transformatorowy.

W sprawie olejów syntetycznych nie ma dotychczas wystarczających materiałów, aby można było mówić o normalizacji tych olejów (w Ameryce stosuje się je już dość często).

Oleje kablowe i kondensatorowe powinny być według niektórych opinii wyłączone z zakresu prac MKE ze względu na to, że ich własności i badania mają przeważnie ścisły związek z konstrukcją i mogą być osłonięte tajemnicą fabrykacji. Metodą pomiarów stratności dielektrycznej tych olejów zajmuje się Komitet olejowy CIGRE.

Mało doświadczenia jest jeszcze ze stosowaniem do transformatorów płynnych sylikonów. Stosowanie sylikonów utrudnia ich wysoka ocena.

(18) Wyłączniki.

W dyskusji omawiano nowelizację publikacji nr 56 o wyłącznikach wysokiego napięcia. Ustalono sposób charakteryzowania wyłącznika szeregiem zwarciowym i czasy trwania przerwy.

Propozycja operowania mocą wyłączalną przy charakteryzowaniu wyłącznika (według nowych przepisów szwajcarskich) nie została przyjęta. Moc wyłączalna była umieszczona w polskim projekcie normy „Ocena i badanie przyrządów rozdzielczych wysokiego napięcia".

Dla prób wyłączania mniejszych prądów indukcyjnych przyjęto dla wyłączników posiadających prąd krytyczny:

100% prądu wyłączalnego,
200% prądu krytycznego podanego przez dostawcę,
100% „ „ „ „ „
50% „ „ „ „ „

(28) Koordynacja izolacji.

Postanowiono wytrzymałość udarową określać napięciem wytrzymywanym bez przeskoków i bez przebić. W zasadzie przyjęto możliwość pewnej tolerancji, tj. nie postawiono w formie zdecydowanej warunku 0% wyładowań. Szczegółowe decyzje pozostawiono komitetom specjalnym. Nie uzgodniono sprzecznych poglądów, jak należy rozumieć te wartości udarowe — na sucho czy na mokro. Różnica może wynosić około 5%. Przyjmuje się jednak, że koordynacja powinna być zapewniona we wszelkich warunkach atmosferycznych.

Przyjęto określenie skutecznego uziemienia punktu zerowego znane z literatury amerykańskiej. Uziemienie uważa się za skuteczne, jeżeli napięcia faz względem ziemi nie mogą przekroczyć 80% najwyższego napięcia międzyfazowego.

Ułożono załączoną przy niniejszym tabelę (tabl II) dla napięć probierczych 50-okresowych oraz wytrzymywanych napięć udarowych w funkcji napięć znamionowych i najwyższych napięć roboczych, istnieją jednak zastrzeżenia poszczególnych krajów co do pozycji umieszczonych w tej tablicy.

Za podstawę normalizacji poziomu udarowego odgromników przyjęto 5000 A. Do dalszych prac nad odgromnikami powołano specjalny podkomitet.

K. Kolbiński

Nowe jednostki świetlne

I. Uchwała Komitetu Międzynarodowego Wag i Miar (Comité International des Poids et Mesures) w sprawie zmiany jednostek fotometrycznych powzięta 26 października 1946 r.*)

Na podstawie upoważnienia Ogólnej Konferencji Wag i Miar z roku 1933 Komitet Międzynarodowy, nawiązując do uchwały powziętej na sesji z r. 1937 (Procès-Verbaux du Comité International, 1937, str. 236 i 64) i stosownie do wniosku, zgłoszonego przez Komitet Doradczy Fotometryczny w r. 1939 (Procès-Verbaux, 1939, str. P. 28), ze zmianą daty wejścia w życie, postanawia, że „nowa świeca" ma obowiązywać od 1 stycznia 1948 r.

Niniejsza uchwała jest powiadomieniem wykonawczym, na które poszczególne kraje miały — w myśl okólnika z dn. 1 stycznia 1940 r., podpisanego przez przewodniczącego i sekretarza Komitetu Międzynarodowego Wag i Miar — czekać przed przystąpieniem do zmiany jednostek.

Komitet Międzynarodowy przyjmuje bez zmian uchwałę 3 w sprawie jednostek fotometrycznych, złożoną mu przez Doradczy Komitet Fotometryczny w 1939 r. (Procès-Verbaux, 1939, P. 32 do P. 35) w następującym brzmieniu.

1. Stan obecny.

Obecnie jednostki światłości, będące w użyciu w różnych krajach, są oparte na wzorcach płomieniowych lub na wartościach przyznanych pewnym żarówkom przechowywanym w laboratoriach państwowych. Francja, Wielka Brytania i Stany Zjednoczone Ameryki uzgodniły pomiędzy sobą w 1909 r. przyjęcie jednostki wspólnej, która została później przyjęta przez niektóre inne kraje. Wiele projektów wysuwano w celu ustanowienia jednostki opartej na źródle-wzorcu pierwotnym, to znaczy odtwarzalnym na podstawie pewnych przepisów. Jednak dopiero w ostatnich latach wzorzec taki udało się wykonać praktycznie.

2. Wzorzec pierwotny.

Wzorcem tym, uznanym w zasadzie przez Komitet Międzynarodowy Wag i Miar w r. 1930 i w r. 1933, jest radiator Plancka (ciało czarne) o temperaturze krzepnięcia platyny, a wartość jednostki światłości (przyjęta w r. 1937) jest taka, że jaskrawość wzorca wynosi 60 jednostek na centymetr kwadratowy. Postać wzorca w obecnym wykonaniu jest w głównych zarysach taka, jaką zaproponowało National Bureau of Standards w Waszyngtonie i której opis znajduje się w Procès-Verbaux du Comité International des Poids et Mesures de 1931 (str. 249).

Barwa światła wytwarzanego przez ten wzorzec nie różni się w sposób widoczny od barwy światła wzorców płomieniowych i żarówek, o których jest mowa w paragrafie 1.

3. Mierzenie źródeł świetlnych o innej temperaturze barwy niż we wzorcu pierwotnym.

Źródła świetlne współczesne (pomijając nawet źródła o wyraźnym zabarwieniu) mają znacznie wyższą temperaturę barwy niż wzorzec pierwotny; konieczne więc jest określenie sposobu oceny tych źródeł. Metoda uznana przez Komitet Międzynarodowy Wag i Miar w r. 1937 polega na wyzyskaniu sposobu, korzystającego z krzywej współczynników widzialności przyjętej przez Komitet. Przez zastosowanie np. filtru barwnego, umieszczonego między wzorcem pierwotnym a fotometrem, otrzyma się barwę dającą się porównywać z barwą światła mierzonego. Współczynnik przepuszczalności tego filtru wyznacza się na podstawie krzywej jego przepuszczalności widmowej przy pomocy współczynników widzialności, przyjętych w r. 1933 przez Komitet Międzynarodowy Wag i Miar (Procès-Verbaux, 1933, str. 62).

4. Określenie jednostek.

Jednostki fotometryczne mogą być określone jak następuje:

*) Comité International des Poids et Mesures. Procès-Verbaux des séances. Deuxieme série. Tome XX. 1945-1946. Paris. Gauthier-Villars. 1946.

I. Nowa świeca (jednostka światłości). „Nowa świeca" ma taką wielkość, że jaskrawość źródła promieniowania całkowitego w temperaturze krzepnięcia platyny wynosi 60 nowych świec na centymetr kwadratowy.

II. Nowy lumen (jednostka strumienia świetlnego). Nowy lumen jest strumieniem świetlnym wysyłanym w obrębie jednostkowego kąta przestrzennego (steradianu) z jednostajnego źródła punktowego o światłości 1 nowej świecy.

5. Wykonanie praktyczne jednostek.

Jakkolwiek zawsze jest możliwe wykonanie wzorca pierwotnego w każdym laboratorium posiadającym potrzebne przyrządy, w większości przypadków praktycznych wzorcami będą żarówki węglowe lub wolframowe, jako wzorce wtórne, których wartości będą ustalone przy pomocy wzorca pierwotnego. Dokładność porównywania tych lamp między sobą jest większa od dokładności, z którą można odtworzyć obecnie wzorzec pierwotny.

Lampy wzorcowe wtórne tego typu będą przechowywane w różnych laboratoriach państwowych i w Biurze Międzynarodowym Wag i Miar. Wartości tych wzorców wtórnych będą określane w stosunku do wzorca pierwotnego bądź przez porównanie bezpośrednie w jednym lub kilku głównych laboratoriach państwowych, bądź też w sposób pośredni przez wzajemne porównanie z innymi podobnymi żarówkami, których wartości będą ustalane w tenże sposób. A więc wartości nadane wzorcom wtórnym, przechowywanym w Biurze Międzynarodowym i w każdym z laboratoriów państwowych, będą wyrażone w jednostce średniej takiej, jaka będzie ustalona we wszystkich laboratoriach, w których wzorzec pierwotny będzie wykonany.

Podobny sposób postępowania będzie zastosowany w przypadku lamp działających przy wyższej temperaturze barwy niż wzorzec pierwotny, jak również przy wykonaniu wzorca lumenu, gdy punktem wyjścia będzie świeca.

II. Wprowadzenie nowych jednostek w praktyce

Obok Międzynarodowego Komitetu Wag i Miar, którego uchwałę z 1946 r. podano wyżej, sprawą jednostek świetlnych zajmowała się również Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa przez swój Komitet Jednostek i Wzorców (2 & 3), w którym czynności sekretariatu pełniło samo Biuro Główne MKOśw. (z siedzibą w Wielkiej Brytanii). Wnioski, które Międzynarodowy Komitet Miar i Wag wziął za podstawę swej uchwały, pochodziły właśnie z owego Komitetu Jednostek i Wzorców MKOśw. Komitet ten rozwiązał się po wybuchu wojny, żeby pracy nie dublować z Międzynarodowym Komitetem Wag i Miar, tym bardziej że skład osobowy obu Komitetów był w znacznym stopniu jednakowy, a Międzynarodowy Komitet Wag i Miar ma charakter raczej oficjalnej organizacji międzypaństwowej.

Zamierzeniem Międzynarodowego Komitetu Wag i Miar w 1939 r. było wprowadzenie „nowych" jednostek we wszystkich krajach od 1 stycznia 1940 r. Wybuch wojny przeszkodził formalnemu załatwieniu sprawy. Podana wyżej pod I „uchwała" z 1946 r. różni się od przygotowanej w 1939 r. tym tylko, że termin wejścia jej w życie przesunięto z 1. I. 40. na 1. I. 48.

W ten sposób z dniem 1 stycznia 1948 r. państwowe laboratoria wzorcowe tych krajów, które takie laboratoria posiadają, wprowadziły nową jednostkę.

„Nowe" jednostki pod względem swej wielkości nieznacznie różnią się od poprzednich jednostek „międzynarodowych" w temperaturze barwy zwykłych żarówek gazowanych *).

Obwieszczenie amerykańskiego National Bureau of Standards (okólnik nr C 459 z 15. V. 47) stwierdziło, że w Stanach Zjednoczonych „zmiana jednostek praktycznie nie odbije się na obecnym cechowaniu żarówek z drucikiem wolframowym, żaden bowiem typ nie dozna zmiany większej niż 1%".

W dalszym okólniku NBS (LC 864 z dn. 10. VI. 47) podano następujące mnożniki przeliczeniowe:

A. Dla żarówek próżniowych z włóknem węglowym (i innych typów pracujących w temperaturze barwy ok. 2100°K) „nowe świece" otrzymujemy mnożąc dotychczasowe wartości przez **1,019**.

B. Dla żarówek próżniowych z drucikiem wolframowym (i innych typów pracujących w temperaturze barwy od 2300 do 2500°K) — „nowe świece" i „nowe lumeny" otrzymujemy mnożąc dotychczasowe wartości przez **1,006**.

C. Dla żarówek gazowanych z drucikiem wolframowym (temperatura barwy w granicach od 2600 do 3000°K) „nowe świece" otrzymujemy mnożąc dotychczasowe wartości przez **0,997**. „Nowe lumeny" otrzymujemy mnożąc dotychczasowe wartości przez **0,994**. Różnica w tych mnożnikach pochodzi stąd, że wzorcowe światłości i strumienia dla temperatury barwy 2800°K były ustalane przed dwudziestu laty osobno dla każdej z tych wielkości. Udoskonalenia w technice i ponowne ustalenie stosunku strumienia świetlnego do światłości dla tych lamp dało w wyniku drobne różnice w mnożnikach.

D. W stosunku do lamp rtęciowych oraz lamp fluoryzujących ze względu na ich mniejszą stateczność w porównaniu z żarówkami oraz ze względu na to, że zmiany spowodowane przeliczeniem na nowe jednostki mieszczą się w granicach błędów pomiaru, żadnych mnożników przeliczeniowych nie podano.

W Wielkiej Brytanii dyrekcja National Physical Laboratory wydała 7. VII. 1947 r. podobny komunikat, który nie podawał mnożników przeliczeniowych, stwierdzał natomiast, że przewzorcowanie na „nowe świece" lub „nowe lumeny" dawnych lamp pomiarowych w NPL wykazało zmiany mniejsze od 1% przy wszystkich temperaturach barwy od 2360° do 2800°K; nowa jednostka była mniejsza blisko o 1% przy niższych temperaturach barwy i większa blisko o 0,5% przy wyższych temperaturach.

We Francji rozporządzeniem z 15. I. 1948 wprowadzono stosowanie nowej jednostki światłości, nazwanej tymczasowo „nową świecą" (bougie nouvelle). Jednocześnie wprowadzono „nowy lumen" i „nowy luks", jako nazwy nowych jednostek strumienia świetlnego i jasności.

Międzynarodowa Komisja Oświetleniowa na sesji paryskiej w lipcu 1948 r. zaleciła wprowadzenie we wszystkich krajach terminu „candela", jako nazwy „nowej świecy", oraz stosowanie dla niej znaku „cd". Polska pisownia poprawna nowej nazwy byłaby, oczywiście, „kandela".

* Sprawozdanie Komitetu jednostek i wzorców fotometrycznych (nr 2 & 3) na sesję Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Paryżu 1948 r.

PRZEGLĄD CZASOPISM

STOSOWANIE W SILNIKACH ELEKTRYCZNYCH MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH ODPORNYCH NA WYSOKIE TEMPERATURY

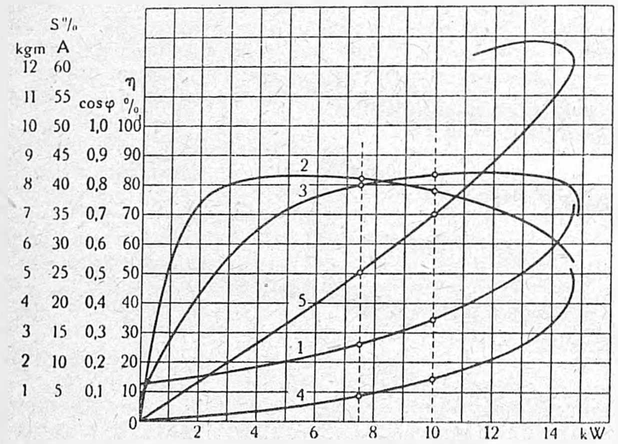
Riggenbach M. Die Verwendung hitzebeständiger Isolationen bei Elektromotoren. Brown Boveri Mitteilungen, Baden (1948, t. XXXV, nr 5/6, str. 143—146)

Wskutek pojawienia się nowych materiałów izolacyjnych odpornych na wysokie temperatury, szczególnie włókna szklanego nasyconego lakierem sylikonowym, powstały dla dziedziny maszyn elektrycznych nowe możliwości rozwojowe. Uzyskało się bowiem możność dopuszczania w maszynach elektrycznych temperatur rzędu 150° C i więcej. Powoduje to znaczne zmniejszenie ciężaru maszyn przy tej samej mocy lub znaczne zwiększenie mocy maszyn przy tych samych wymiarach. Nowe materiały izolacyjne odporne na bardzo wysokie temperatury odznaczają się w stosunku do dawniej stosowanej izolacji azbestowej bardzo małymi przyrostami grubości. Rozpatrzymy wyniki stosowania odpornych na gorąco materiałów izolacyjnych w silnikach asynchronicznych.

Zwykłe silniki do pracy ciągłej. Straty w maszynach elektrycznych powodują ich nagrzewanie się. Przy stałym napięciu i stałej częstotliwości sieci zasilającej oraz przy stałej temperaturze powietrza chłodzącego zmieniają się wskutek zmiany obciążenia silnika przede wszystkim straty w uzwojeniach.

Wymiary zwykłych silników do pracy ciągłej dobiera się tak, żeby silniki odpowiadały następującym wymaganiom: 1. posiadały odpowiedni moment rozruchowy i największy, 2. przy obciążeniu znamionowym pracowały z dużym spółczynnikiem mocy i dużą sprawnością, 3. wytrzymywały krótkotrwałe przeciążenia bez silnie odczuwalnego spadku liczby obrotów, 4. nie nagrzewały się powyżej temperatury określonej przepisami.

Rys. 1 przedstawia krzywe pracy zwykłego czterobiegunowego silnika asynchronicznego z wirnikiem klatkowym, obliczonego na moc ciągłą 7,5 kW, uzwo-



Rys. 1. Krzywe pracy zwykłego czterobiegunowego klatkowego silnika trójfazowego o mocy 7,5 kW, na napięcie 500 V, do pracy ciągłej

1 prąd stojana (A)
2 sprawność η (%)
3 spółczynnik mocy (cos φ)
4 poślizg S (%)
5 moment obrotowy (kgm)

jonego drutem emaliowanym, dla którego przepisy szwajcarskie dopuszczają przyrost temperatury $\Delta t = 80^0$ C przy temperaturze otoczenia 35^0 C. Poszczególne wielkości charakterystyczne silnika można odczytać z krzywych.

Jeśli się zamieni uzwojenie silnika, izolowane emalią, na inne uzwojenie, równoznaczne elektrycznie, jednak izolowane np. włóknem szklanym, nasyconym lakierem sylikonowym, to dopuszczalny przyrost temperatury Δt uzwojenia silnika może wynosić co najmniej 125^0 C. Odpowiada temu podniesienie mocy silnika do jakichś 10 kW, czyli o 43%. Poszczególne wielkości charakterystyczne silnika odpowiednio zmieniają się przy tym, jak podaje rys. 1.

Taki silnik o mocy 10 kW nie byłby jednak uznany za zadawalający, gdyż jego moment rozruchowy wynosi przy tej mocy i przy bezpośrednim włączeniu tylko 138% momentu znamionowego, a moment największy tylko 175%; obydwie wartości są niewystarczające z punktu widzenia wymagań szwajcarskich dla czterobiegunowego silnika przemysłowego.

W literaturze propagandowej o nowych materiałach izolacyjnych spotyka się bardzo często wykresy i fotografie, z których wynikałoby, że przez zastosowanie materiałów izolacyjnych odpornych na wysokie temperatury można bardzo znacznie podnieść moc maszyn elektrycznych. Mało krytyczni lub technicznie niedostatecznie zorientowani czytelnicy mogliby sądzić, że wystarczy zwykłe silniki, znajdujące się w handlu, przewinąć przy zastosowaniu izolacji odpornej na wysokie temperatury, żeby otrzymać silnik o podwyższonej mocy. Tak jednak nie jest.

Żeby silnik, zaprojektowany pierwotnie na moc 7,5 kW, miał po zastosowaniu izolacji odpornej na wysoką temperaturę moc 10 kW i odpowiednie do niej momenty — rozruchowy i największy, należy powiększyć jego strumień w stosunku $\sqrt{10/7{,}5}$ tj. o 16%. Niedoprowadzenie przy tym w żadnej części obwodu magnetycznego do nadmiernej indukcji jest możliwe jedynie w silnikach, obliczonych z pewnym zapasem. Powiększenie strumienia w nowoczesnych silnikach, bardzo silnie wyzyskanych magnetycznie, jest możliwe tylko w ograniczonym stopniu; daleko idące powiększenie strumienia spowodowałoby niedopuszczalnie duże nasycenie w żelazie, a tym samym zły spółczynnik mocy i gorszą sprawność. W nowoczesnych silnikach trzeba zatem dostosować obwód magnetyczny do powiększonego strumienia, tzn. trzeba przy danej średnicy zewnętrznej i długości pakietu blach tak dobrać przekroje zębów i średnicę wewnętrzną, żeby indukcje miały wartości dopuszczalne.

W następującej tabeli zestawiono charakterystyczne wielkości rozważanego jako przykład silnika o mocy 7,5 kW.

Wykonanie		Strumień zwykły		Strumień powiększony	
		Moc pierwotna	Moc podniesiona	Blachy zwykłe	Blachy zmienione
Moc	kW	7,5	10	10	10
Strumień	%	100	100	116	116
Napięcie	V	500	500	500	500
Prąd	A	13,2	17	18,3	17
Sprawność	%	82	79	78,5	81
Spółcz. mocy	cos φ	0,80	0,84	0,80	0,83
Poślizg	%	4,4	7,0	5,5	6,0
Moment obrotowy	kgm	5,0	7,0	6,9	6,9
Moment rozruchowy	Δ %	185	138	187	190
Moment rozruchowy	λ %	55	41,5	58	58
Moment największy	%	235	175	234	265
Prąd biegu jałowego	%	46	35,7	50	46
Prąd rozruchu	Δ %	455	353	450	500
Prąd rozruchu	λ %	145	114	145	140

Z tabeli wynika wyraźnie, że przy powiększeniu mocy, możliwym wskutek zastosowania izolacji odpornej na wysoką temperaturę, osiąga się zadowalające właściwości silnika do pracy ciągłej jedynie wtedy, gdy dostosuje się jednocześnie obwód magnetyczny do powiększonej mocy, tzn. gdy powiększy się strumień magnetyczny.

Rozpatrzony przykład dowodzi, że przez zastosowanie izolacji odpornej na wysokie temperatury, można znacznie powiększyć moc silnika, w danym wypadku o 43%. To powiększenie może przedstawić jednak tylko wtedy korzyści dla wytwórcy i użytkownika, gdy koszt jednego kW mocy wskutek tego nie wzrośnie. Tak, niestety, na razie nie jest. Z dokładnych obliczeń, przeprowadzonych dla kilku typów silników wynika, że ze względu na wysoką cenę nowych materiałów izolacyjnych odpornych na wysokie temperatury jeszcze nie opłaca się stosować ich powszechnie.

Silniki do pracy w warunkach szczególnych. Istnieje jednak szereg przypadków, w których jedynie zastosowanie materiałów izolacyjnych odpornych na wysokie temperatury umożliwia rozwiązanie zadania. Pominiemy tu silniki trakcyjne, w których izolacja odporna na wysokie temperatury przyjęła się już na dobre i doprowadziła do znacznych korzyści.

a) Silniki bardzo często włączane.

Do napędu obrabiarek wymaga się często silników, wytrzymujących bardzo wielką liczbę włączeń lub zmian kierunku wirowania w ciągu godziny. Do tego dochodzi na ogół jeszcze warunek zwartej budowy silnika ze względu na szczupłość miejsca w obrabiarce. Krótki czas rozruchu lub zmiany kierunku wirowania osiąga się przez zastosowanie możliwie małych mas bezwładności. Nagrzanie uzwojeń silników, odpowiadających stawianym wymaganiom, pochodzi prawie wyłącznie od strat cieplnych w czasie rozruchu lub zmiany kierunku wirowania; straty w czasie pełnego biegu silnika są bardzo małe, jak to wynika z następującego przykładu.

Do napędu urządzenia nawrotnego potrzebny jest czterobiegunowy silnik o mocy 2 k. m. przy 600 włączeniach w ciągu godziny. W ciągu jednego pełnego okresu roboczego urządzenia, trwającego 6 sekund, czas włączenia silnika wynosi 2 sek. Praca jego polega na zahamowaniu stołu roboczego i przesunięciu go do położenia wyjściowego. Na zahamowanie i rozruch dopuszczono czas 0,6 sekund. Przy momencie bezwładności mas hamowanych i napędzanych równym 0,25 kgm^2 silnik musi wytwarzać moment hamujący o wielkości 2,7 kgm. Tym wymaganiom odpowiadający silnik 2-konny pobierze przy napięciu 380 V średni prąd hamujący 18,5 A i średni prąd rozruchowy 13,0 A; jego prąd znamionowy wynosi 3,3 A. Straty powstające przy takiej pracy przekraczają o 20% straty, odpowiadające dopuszczalnemu przyrostowi temperatury uzwojenia silnika z izolacją emaliową. Zastosowanie większego silnika nie ułatwi zagadnienia, gdyż powiększa się przy tym całkowity moment bezwładności, wymagający większych momentów hamujących i rozruchowych przy tym samym czasie hamowania i rozruchu, co z kolei powoduje wzrost prądów, a zatem znowu zbyt wysokie straty. Konstruktor staje wobec błędnego koła, z którego prowadzą tylko dwa wyjścia: zmniejszyć liczbę włączeń i tym samym nie spełnić stawianych wymagań albo zastosować izolację, dopuszczającą wyższy przyrost temperatury.

b) Silniki do ciężkich rozruchów.

Napęd wirówki jest typowym przykładem ciężkiego rozruchu. Naczynie wirówki wraz z zawartością posiada znaczną bezwładność, którą silnik napędowy musi pokonać przez nadanie wirówce odpowiedniego przyśpieszenia. W zależności od wielkości, ciężaru i obrotów wymaga się czasu rozruchu w granicach od 30 do 120 sekund i to kilka razy w ciągu godziny. Nagrzewanie się silnika zależy i w tym wypadku prawie wyłącznie od strat w czasie rozruchu. Liczba włączeń w ciągu godziny zależy przy danych warunkach pracy jedynie od dopuszczalnego nagrzania silnika. Ze względu na wielkość produkcji ważne jest osiągnięcie możliwie wielkiej liczby włączeń. Jeśli dany silnik wystarcza dla pewnej liczby włączeń w ciągu godziny, to późniejsze żądanie zwiększenia tej liczby można spełnić zasadniczo dwoma sposobami: zastosuje się większy silnik albo wyposaży się posiadany silnik w uzwojenie z izolacją odporną na wyższą temperaturę. Drugi sposób jest w wielu wypadkach jedynie możliwy do zastosowania, gdyż w wirówkach z bezpośrednio sprzęgniętym silnikiem rzadko ma się miejsce do wbudowania większego silnika.

c) Silniki pracujące przy wysokich temperaturach otoczenia.

Silniki elektryczne muszą często pracować w wysokiej temperaturze otoczenia. Jeśli np. temperatura otaczającego powietrza wynosi 65° C, to przyrost temperatury uzwojenia silnika może wynosić tylko 35° C przy stosowaniu izolacji klasy A, dla której przepisy dopuszczają krańcową temperaturę 100° C. Wskutek tego trzeba zastosować stosunkowo duży silnik o bardzo niskim stopniu wyzyskania. Ponieważ właśnie w takich wypadkach rozporządza się na ogół małą ilością miejsca, to często jedynie silniki z izolacją odporną na wysokie temperatury umożliwiają rozwiązanie zagadnienia i osiągnięcie poza tym dużej pewności ruchu.

Wnioski. Podwyższenie mocy nowoczesnych silników asynchronicznych przez zastosowanie materiałów izolacyjnych, wytrzymujących wysokie temperatury daje należyte wyniki tylko wtedy, gdy dostosuje się do powiększonej mocy silników ich wielkości magnetyczne, a więc strumień i przekroje blach; samo zastosowanie odpornego na wysoką temperaturę materiału izolacyjnego bez zmian w obwodzie magnetycznym silników nie wystarcza. Ze względów finansowych nie opłaca się jednak jeszcze stosowanie włókna szklanego i lakierów sylikonowych w zwykłych silnikach do pracy ciągłej. Stosowanie tych materiałów zaleca się natomiast bardzo w silnikach do napędów szczególnych, a mianowicie w przypadku wielkiej liczby włączeń w ciągu godziny, ciężkiego rozruchu lub pracy w pomieszczeniach o wysokiej temperaturze otoczenia. *J. W.*

TRANSFORMATORY TRÓJFAZOWE O MOCY 125 MVA

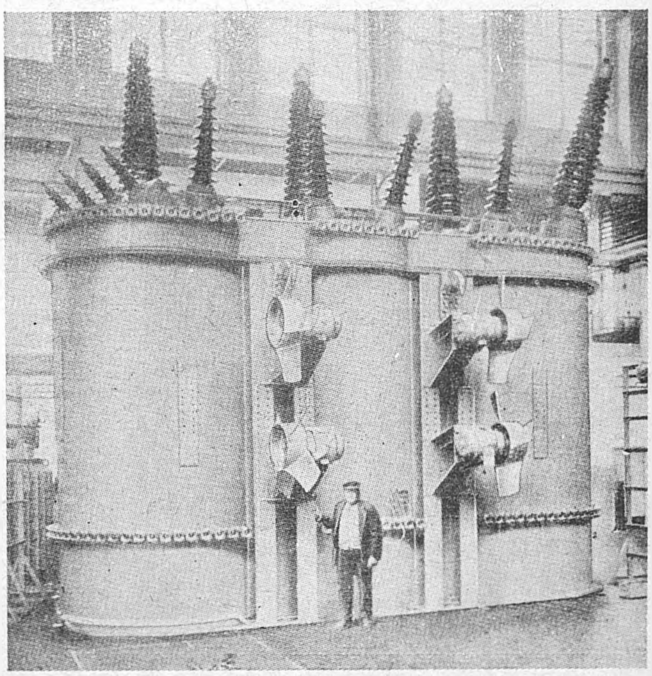
Transformateurs de 125 000 kVA. ASEA-Revue, 1949 nr 1, str. 16—17

W latach 1947—1948 wykonano 2 transformatory trójfazowe dla elektrowni w Sztokholmie o następujących danych:

przekładnia	200/100/30/6,6 kV,
moc	125/60/125/15 MVA.

Uzwojenie na 6,6 kV jest przewidziane do zasilania kompensatorów synchronicznych.

Regulacja napięcia pod obciążeniem odbywa się przy pomocy przełącznika zaczepów na napięciu 30 kV. Z uwagi na wielką moc transformatora zastosowano oddzielny transformator regulacyjny o mocy przepustowej 125 MV i o przekładni 30/30±9×0,39 kV.



Rys. 1

Układ połączeń całego zespołu jest YO/YO/YO/D z punktami zerowymi po stronie 200, 100 i 30 kV, izolowanymi na całkowite napięcie.

Chłodzenie naturalne wystarcza w zakresie do 75% mocy znamionowej transformatora; przy wyższym obciążeniu czynne są wentylatory włączane samoczynnie z chwilą przekroczenia pewnej określonej temperatury oleju w najwyższej części zbiornika.

Wagi oraz wymiary gabarytowe transformatorów w stanie zmontowanym są następujące:

a) transformator główny:

waga bez oleju	208,5 t
waga oleju	68,4 t
długość	11,00 m
szerokość	5,80 m
wysokość	8,63 m

b) transformator regulacyjny (łącznie z przełącznikiem zaczepów):

waga bez oleju	49,3 t
waga oleju	17,3 t
długość	5,02 m
szerokość	4,20 m
wysokość	5,50 m

Pomiar strat przy temperaturze uzwojeń miedzianych 75^0 C dał następujące wyniki dla transformatora głównego:

a) dla przekładni 200/100 kV i mocy znamionowej 60 MVA:

straty w żelazie	236 kW
straty w miedzi	284 kW
napięcie zwarcia	13%

b) dla przekładni 200/30 kV i mocy znamionowej 125 MVA:

straty w żelazie	236 kW
prąd biegu luzem	1,16%
straty w miedzi	522 kW
napięcie zwarcia	13%

Wyniki pomiarów dla transformatora regulacyjnego podane są w poniższej tabeli

Przekładnia kV	Straty w żelazie kW	Prąd biegu luzem %	Straty w miedzi kW	Napięcie zwarcia %
30/26,5	49	0,256	112,0	0,99
30/30	21	0,102	81,4	0,77
30/33,5	49	0,256	70,8	0,63

Waga transformatora głównego przygotowanego do transportu (bez radiatorów, konserwatora oleju oraz izolatorów przepustowych, z pokrywą ślepą) wynosiła 165 t.

Ze względu na przeciążenie wagonu, na którym przewożono ten transformator, transport odbywał się specjalnym pociągiem z szybkością 5—7 km/godz.

Rys. 1 przedstawia transformator po zdjęciu radiatorów i osłon dla chłodzenia sztucznego.

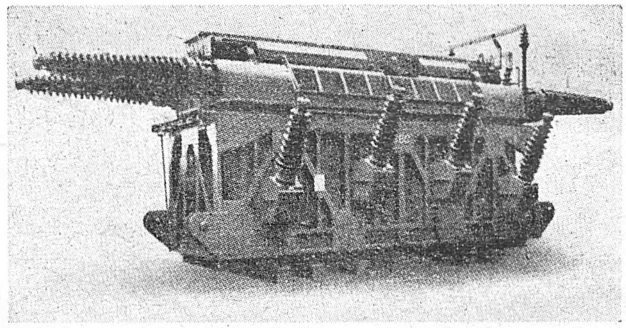
W. P.

PRZEWOŹNY TRANSFORMATOR TRÓJUZWOJENIOWY O MOCY 100 MVA i O NAPIĘCIU GÓRNYM 220 kV

E. Bohnet & H. Schwaab. Ein 100 MVA-Dreiwicklungs-Wandertransformator für 220 kV Oberspannung. BBC Nachrichten (1943, t. 30, z. 1, str. 13-17)

Transformator wykonany jest o przekładni 220/110/10 kV, o mocy znamionowej dla każdego z głównych uzwojeń 100 MVA, dla trzeciego uzwojenia (10 kV) — 33 MVA (uzwojenie to przewidziane jest do przyłączenia dławików kompensujących prądy pojemnościowe sieci słabo obciążonej). Moc ciągła 100 MVA rozciąga się na zakres napięć roboczych 200—250 kV i cos φ = 0,7. Punkt zerowy transformatora po stronie 220 kV może być uziemiony przez cewkę gasikową o mocy ciągłej 20 MVA.

Ze względu na wykonanie przewoźne rdzeń został zaprojektowany jako 5-słupowy (rys. 1). Z powodu nieznacznej (w %-ach) wartości prądu magnesującego



Rys. 1. Widok przewoźnego transformatora trójuzwojeniowego na 100 MVA, 220/110/10 kV od strony 110 kV

Chłodniki i wentylatory w gornej części zdjęte. Z prawej strony rysunku widoczne są izolatory dla 10 kV umieszczone na specjalnej konstrukcji. Izolatory dla 110 kV zdejmuje się na czas transportu

w wielkich transformatorach nie zostały przewidziane specjalne środki do tłumienia wyższych harmonicznych.

Uzwojenia, wykonane jako zwykłe koncentryczne, umieszczone są w kolejności 10-110-220 kV licząc od rdzenia. Uzwojenia na 110 i 220 kV wykonane są jako krążkowe. Wykonanie takie odznacza się dużą wytrzymałością mechaniczną oraz umiarkowaną ilością zastosowanych materiałów izolacyjnych. Uzwojenie 10-kilowoltowe jest jednowarstwowe cylindryczne. Przyjęty układ oraz wykonanie uzwojeń zapewniają swobodny naturalny obieg oleju. W obwód trzeciego uzwojenia włączony jest dławik trójfazowy do podwyższenia napięcia zwarcia między tym uzwojeniem a obu uzwojeniami głównymi. Transformator jest bezoscylacyjny.

Uzwojenia na 220 i 110 kV połączone są na stałe w gwiazdę z wyprowadzonym izolowanym punktem zerowym; uzwojenie 10-kilowoltowe w trójkąt z izolatorami przepustowymi umieszczonymi w pokrywie. Po stronie 110 kV zastosowano przewoźny autotransformator regulacyjny o układzie połączeń w gwiazdę, o mocy przepustowej 100 MVA, z regulacją od 98 do 122 kV w ± 8 stopniach.

Poziomo umieszczonych izolatorów na 220 kV nie odejmuje się na czas transportu. Zostały one wyposażone w iskierniki koordynacyjne nastawiane w zakresie 1000—1500 mm. Odejmowane izolatory 110-kilowoltowe mają takież iskierniki nastawiane w granicach 600—850 mm, a izolatory po stronie 10 kV — iskierniki z nastawieniem na 120 mm. Olej wypełniający izolatory 220- i 110-kilowoltowe nie może zetknąć się z olejem wypełniającym sam transformator.

Zbiornik olejowy transformatora został wmontowany w specjalną mocną klatkę ułatwiającą transport. W pokrywie zbiornika przewidziano klapę bezpieczeństwa dla wyrównywania ewentualnego nadciśnienia. Pobieranie próbek oleju możliwe jest u dołu, na wysokości $^1/_3$ zbiornika oraz pod górną jego ramą.

Konserwator olejowy podzielony jest na niezależne komory o następującym przeznaczeniu:

a) transformator (komora główna),

b) 2 izolatory przepustowe na 220 kV z jednej strony zbiornika transformatora,

c) 2 izolatory na 220 kV z przeciwnej strony,

d) 4 izolatory na 110 kV,

e) izolatory 10-kilowoltowe łącznie z przestrzenią mieszczącą miernicze transformatory prądowe po stronie tegoż napięcia.

Przy temperaturze transformatora 20° C komorą główna jest w stanie pomieścić w czasie transportu ilość oleju niezbędną do napełnienia 4 izolatorów 110-kilowoltowych.

Klatka transformatora spoczywa na dwu własnych podwoziach o szerokości normalnego toru kolejowego, umożliwiających przetaczanie na krótkich odcinkach.

Chłodzenie sztuczne powietrzne przy naturalnym obiegu oleju okazało się wystarczające dla transformatora o tak wielkiej mocy. Wykonane zostało przy pomocy 8 odejmowanych chłodników, umieszczonych w górnych częściach nad pokrywą i wyposażonych każdy w swój własny wentylator o dużej wydajności.

Transformator wyposażony jest w następujące przyrządy zabezpieczające jego prawidłową pracę:

a) dwa urządzenia sygnalizacyjne uprzedzające o nadmiernym wzroście temperatury;

b) 1 termometr wskazówkowy oraz 1 termometr oporowy;

c) po jednym przekaźniku Bucholza dla oleju zbiornika transformatorowego oraz oleju izolatorów 220- i 110-kilowoltowych (razem 4 przekaźniki);

d) urządzenia sygnalizujące poziom oleju, oddzielne dla każdej z komór konserwatora.

Urządzenia rozdzielcze dla silników wentylatorowych oraz skrzynki z urządzeniami sygnalizacyjnymi zmontowane są wzdłuż dłuższego boku zbiornika transformatorowego, po stronie przeciwnej niż izolatory 110 kV.

Transformator przewożony jest w środkowej części wagonu o 2×9 osiach. Na czas transportu odejmowane są (poza izolatorami na 110 kV):

a) oba podwozia własne (usuwane przy pomocy dźwigów hydraulicznych znajdujących się na samym wagonie);

b) 8 chłodników powietrznych;

c) 4 iskierniki koordynacyjne izolatorów 220-kilowoltowych;

d) klapa bezpieczeństwa i kilka odcinków rur.

Olej z izolatorów na 110 kV zostaje przed transportem przepompowany do głównej komory konserwatora, a same izolatory w osłonach blaszanych, chroniących przed uszkodzeniem mechanicznym, przewożone są w specjalnym zbiorniku wypełnionym olejem dla ochrony przed zawilgoceniem. Izolatory 220-kilowoltowe również są chronione w czasie transportu przy pomocy osłon blaszanych.

Transformator wyposażony jest we własną dźwigarkę dającą się zmontować w różnych miejscach pokrywy, a niezbędną do montażu izolatorów, wentylatorów itp. po przybyciu na miejsce pracy.

Montaż transformatora na każdorazowym miejscu pracy trwa najwyżej kilka dni, natomiast na montaż transformatora stałego tej samej wielkości potrzeba kilka tygodni.

Doświadczenie zdobyte przy budowie tego transformatora wskazuje, że moc 100 MVA i napięcie 220 kV wyznaczają granicę budowy przewoźnych jednostek trójfazowych. *W. P.*

ZESPÓŁ TRANSFORMATORÓW JEDNOFAZOWYCH TRÓJUZWOJENIOWYCH O MOCY 100 MVA i O NAPIĘCIU GÓRNYM 220 kV

A. Danz. Eine 100 000-kVA-Dreiwicklungs-Transformatorengruppe für 220 kV Oberspannung. Brown Boveri Mitteilungen (1947, z. 8/9, str. 172—179)

Przy wykorzystaniu w konstrukcji wielkich transformatorów najnowszych zdobyczy techniki izolacyjnej z ostatniego dziesięciolecia jednostki trójfazowe, nadające się do przewozu w stanie kompletnie zmontowanym, mogą być budowane, w wykonaniu z uzwojeniem miedzianym, dla mocy do 40 MVA i napięcia górnego do 150 kV. Większe jednostki trójfazowe można przewozić tylko w stanie częściowo zdemontowanym.

Wykonane w ostatnich latach transformatory **trójfazowe** o mocy 100 MVA i o napięciu górnym 220 kV posiadają następujące wady: 1. specjalna i dosyć kosztowna konstrukcja; 2. bardzo znaczny ciężar, wynoszący łącznie z wagą własną 18-osiowego wagonu około 200 ton; 3. konstrukcja zewnętrzna z trudnością daje się przystosować do rozpowszechnionych układów rozdzielni napowietrznych.

Dane znamionowe opisywanego poniżej transformatora, wykonanego dla podstacji Chevilly pod Paryżem w r. 1946-7 jako **trójfazowy zespół 3 jednostek jednofazowych**, są następujące:

1. przekładnia (trzecie uzwojenie dla kompensatora synchronicznego) 220/60/11 kV,

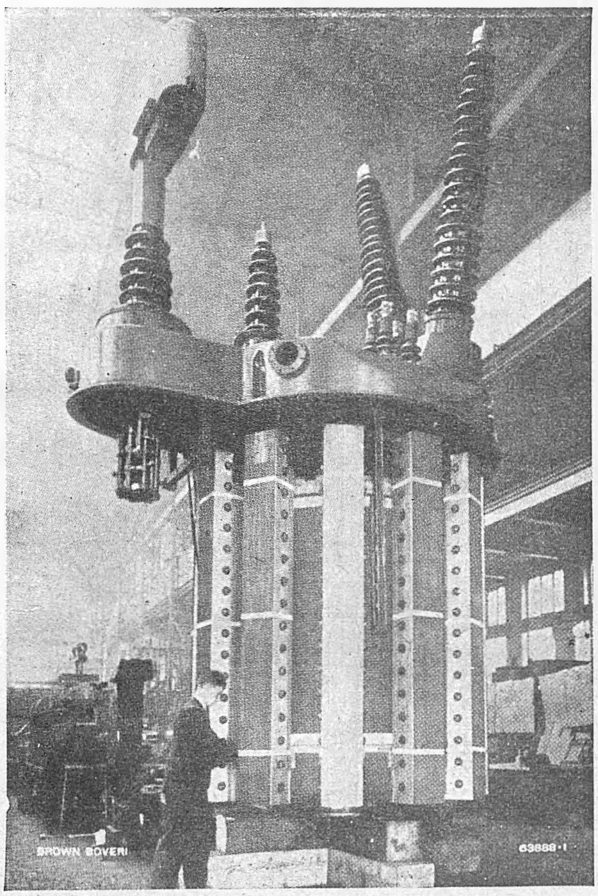
2. moc 100/100/20 MVA,

3. regulacja napięcia po stronie 60 kV przy pomocy 20-stopniowych przełączników zaczepów w zakresie ± 15%,

4. moc 100 MVA dla przekładni 220/60 kV osiągana dla zakresu napięcia górnego 200—230 kV,

5. punkt zerowy po stronie 220 kV pełnoizolowany (uziemiony bezpośrednio).

Transformator otrzymał specjalną konstrukcję rdzenia dość dobrze widoczną na rys. 1. Rdzeń składa się ze środkowego słupa głównego o promieniowym



Rys. 1. Widok transformatora jednofazowego z jednosłupową konstrukcją rdzenia

pakietowaniu blach. Strumień magnetyczny zamyka się przez zewnętrzną klatkę utworzoną w danym wy-

padku przez 12 słupów połączonych ze słupem głównym przy pomocy promieniowo rozmieszczonych jarzm.

Zalety transformatora o takiej konstrukcji rdzenia są następujące:

1. uzwojenia są umieszczone tylko na jednym słupie (głównym);

2. znacznie mniejsza wysokość rdzenia dzięki rozdziałowi strumienia na większą liczbę płaskich jarzm; w porównaniu z normalnym wykonaniem transformatora trójfazowego tej samej mocy oszczędza się 1,5 metra;

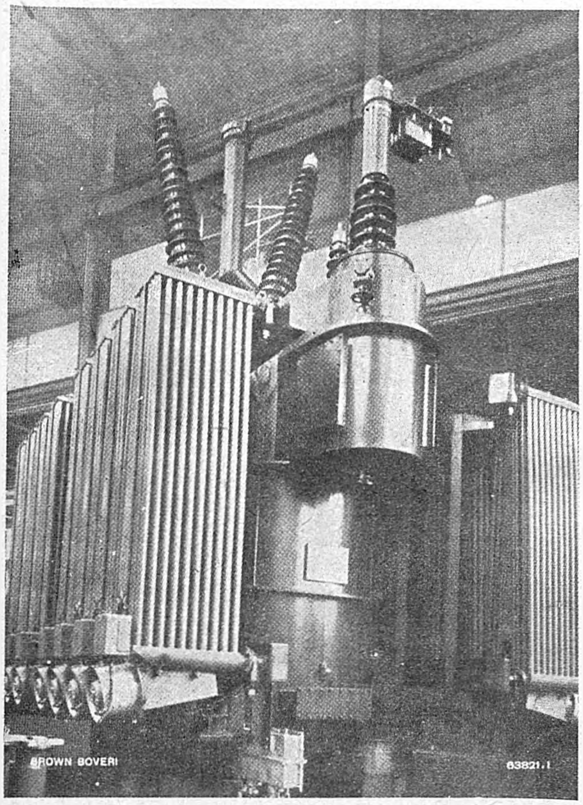
3. mniejsza długość drogi strumienia magnetycznego, a zatem mniejsze straty w żelazie;

4. cylindryczny zbiornik o lżejszej konstrukcji i znacznie zmniejszonej zawartości oleju.

Uzwojenia są wykonane jako współosiowe i umieszczone w następującej kolejności: rdzeń — uzwojenie regulacyjne 60 kV — uzwoj. główne 60 kV — uzwoj. 220 kV — uzwoj. 11 kV.

Pod względem udarowej wytrzymałości izolacji międzycewkowej na przebicie uzwojenia transformatora posiadają wszelkie cechy tzw. uzwojeń bezoscylacyjnych.

Dla izolacji międzyuzwojeniowej zamiast rozpowszechnionych tulei i cylindrów z papieru bakielizowanego oraz oleju — zastosowano izolację z papieru na-



Rys. 2. Widok transformatora kompletnie zmontowanego od strony przełącznika zaczepów

syconego olejem podobnie, jak to od dawna stosuje się w produkcji kabli wysokich napięć.

Dzięki korzystnej konstrukcji rdzenia oraz korzystnemu rozwiązaniu zagadnień izolacyjnych transformator posiada dość zwartą budowę. Przy obciążeniu odpowiadającym pełnej mocy znamionowej pracuje on z naturalnym obiegiem oleju, co uniezależnia go od zakłóceń ruchowych w sieci własnych potrzeb.

Izolator przepustowy po stronie 220 kV zbudowany jest z właściwego izolatora (papier bakielizowany) o konstrukcji kondensatorowej, obejmującego rurę metalową stanowiącą sworzeń przelotowy, oraz z obudowy porcelanowej. Wnętrze izolatora wypełnione jest płynną masą izolacyjną; musi ono być dobrze zabezpieczone m. in. od przenikania oleju ze zbiornika transformatora. Podobną konstrukcję posiadają izolatory przepustowe po stronie 60 kV. Zarówno jedne jak i drugie mogą być łatwo wymontowane bez potrzeby podnoszenia samego transformatora ze zbiornika, po spuszczeniu jednakże pewnej ilości oleju.

Konstrukcja zbiornika umożliwia suszenie transformatora oraz napełnianie olejem przy zastosowaniu próżni (ciśnienie 30 mm Hg). Wyposażenie chłodników (odejmowanych na czas transportu) w górne i dolne zasuwy umożliwia ich domontowanie na miejscu pracy transformatora bez uprzedniego spuszczania oleju, jak również ewentualną wymianę chłodnika przy bardzo krótkiej przerwie w ruchu.

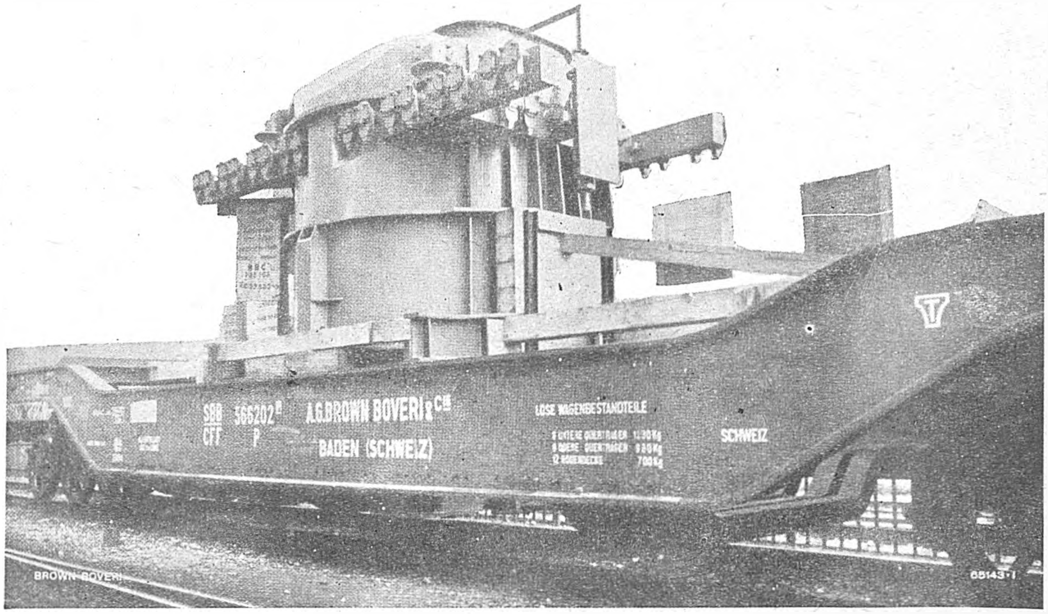
Zastosowanie przewietrzników współpracujących z chłodnikami, widocznych na rys. 2 wymaga mocy zaledwie 5 kW na transformator jednofazowy, a pozwala na pełne obciążenie jego nawet w najbardziej upalne dni letnie. Praca przewietrzników nie jest

Tablica I. Zestawienie zastosowanych zabezpieczeń

L. p.	Rodzaj zaburzenia w pracy	Zjawisko powodujące zadziałanie zabezpieczenia	Przyrządy zabezpieczające (względnie sygnalizujące)
1	Zwarcie zewnątrz transformatora	Przetężenie	Przekaźniki prądowe nadmiarowe czasowe o charakterystyce niezależnej
2	Zwarcie międzyzwojowe	Gazowanie oleju	Przekaźniki podmuchowe (Buchholza)
3	Przegrzanie żelaza		
4	Zwarcie z ziemią	Prąd różnicowy	Przekaźniki różnicowe procentowe
		Przetężenie	Patrz poz. 1
		Przetężenie	Patrz poz. 1
	Przeskok na zaciskach	Prąd różnicowy	Patrz poz. 4
		Przesunięcie punktu zerowego	Przekaźniki ziemnozwarciowe
6	Przeciążenie	Nadmierny wzrost temperatury miedzi	Termometry oporowe
		Nadmierny wzrost temperatury oleju	Termometry stykowe
			Termoelementy

potrzebna przy obciążeniu pełnym w porze zimowej oraz przy obciążeniu wynoszącym $^2/_3$ znamionowego w porze letniej. Uruchamianie i zatrzymywanie poszczególnych grup przewietrzników jest samoczynne przy pomocy termostatów wbudowanych po jednym w każdym transformatorze; niezależnie od powyższego

istnieje możliwość ręcznego włączania i wyłączania. Wypadnięcie którejkolwiek grupy przewietrzników z ruchu jest sygnalizowane w nastawni.



Rys. 3. Widok transformatora napełnionego olejem i przygotowanego do transportu przy użyciu wagonu 60-tonowego. Do montażu transformatora wystarcza suwnica o udźwigu 35 ton.

Transformator nie posiada przełącznika zaczepów pod obciążeniem po stronie 220 kV, został zaś wyposażony w taki aparat oraz uzwojenie dodatkowe dla regulacji zgrubnej i drobnej po stronie 60 kV. Jednofazowy przełącznik na prąd znamionowy 600 A pozwala na regulację 20-stopniową w zakresie 59 kV ± 15,3%. Pewne szczegóły wykonania przełącznika widoczne są na rys. 2. Posiada on swój własny zbiornik domontowany do zbiornika głównego, lecz niezależny od niego, co znakomicie ułatwia czynności konserwacyjne i naprawcze (w wypadku rewizji przełącznika odpada konieczność wyjmowania transformatora ze zbiornika lub spuszczania oleju). Oba wybieraki zaczepów (zgrubny i drobny) są łatwo dostępne po spuszczeniu oleju ze zbiornika przełącznika oraz otwarciu dwu pokryw (jedna widoczna na rys. 2). Łuk, powstający w trakcie zmiany zaczepu, przy otwarciu obwodu cewki zwartej jest gaszony nie wewnątrz zbiornika, co by powodowało szybkie zużycie oleju, lecz w specjalnym przerywaczu zmontowanym na zewnątrz, na izolatorze przepustowym przełącz-międzyzwojowych, zwarć z ziemią (tabl. I).

Transformator zabezpieczony jest od przeciążeń, zwarć międzyfazowych wewnątrz i nazewnątrz, zwarć międzyzwojowych, zwarć z ziemią (tabl. 2).

Dzięki zastosowaniu specjalnej konstrukcji rdzenia oraz szczególnie korzystnemu rozwiązaniu izolacji uzwojeń możliwa jest produkcja zespołów transformatorów jednofazowych o mocy trójfazowej 200 MVA i więcej oraz o napięciu górnym 400 kV*) w wykonaniu, umożliwiającym transport w stanie zmontowanym jedynie bez chłodników i izolatorów przepustowych.

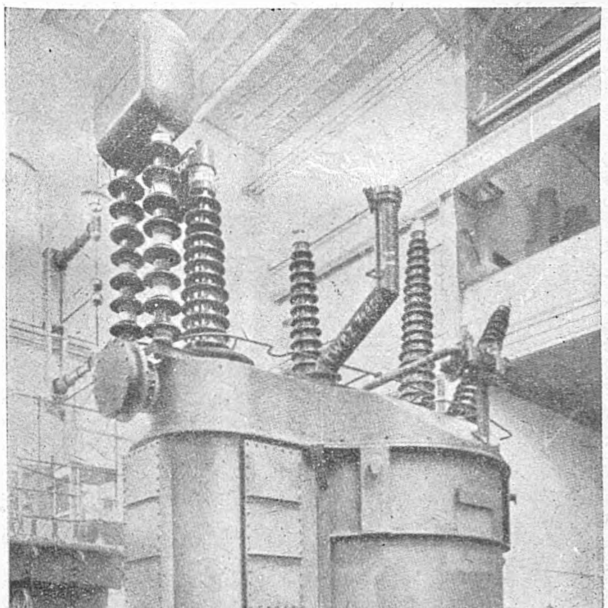
Wprowadzenie na rynek tego typu transformatorów, jak opisany powyżej, nie wyklucza bynajmniej stosowania dotychczas rozpowszechnionych transformatorów trójfazowych o stosunkowo mniejszych mocach, o górnym napięciu do 150 kV.

Opisany wyżej zespół transformatorów jednofazowych nie jest największym z dotychczas wyprodukowanych przez zakłady BBC, gdyż w końcu roku 1947 firma ta dostarczyła podobny zespół dla szwedzkich sieci elektrycznych okręgu Malmö o mocy 120/120/39 MVA i przekładni 200/122/10 kV, z przełącznikiem zaczepów pod obciążeniem po stronie 122 kV. Do transportu transformatora jednofazowego tej wielkości również wystarczył wagon 60-tonowy**). *W.P.*

TRANSPORT I MONTAŻ TRÓJFAZOWEGO ZESPOŁU TRANSFORMATORÓW JEDNOFAZOWYCH TRÓJUZWOJENIOWYCH O MOCY 120 MVA

P. Russenberger. Transport und Montage einer 120 000 kVA - Transformatorgruppe. Brown Boveri Mitteilungen (1948, z. 5—6, str. 162—163)

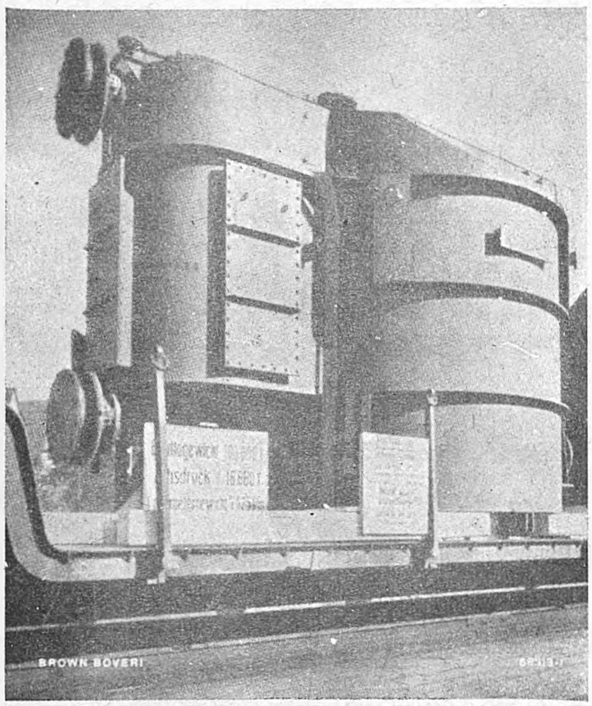
Wymieniony w tytule zespół transformatorów o mocy znamionowej 120/120/40 MVA i o przekładni



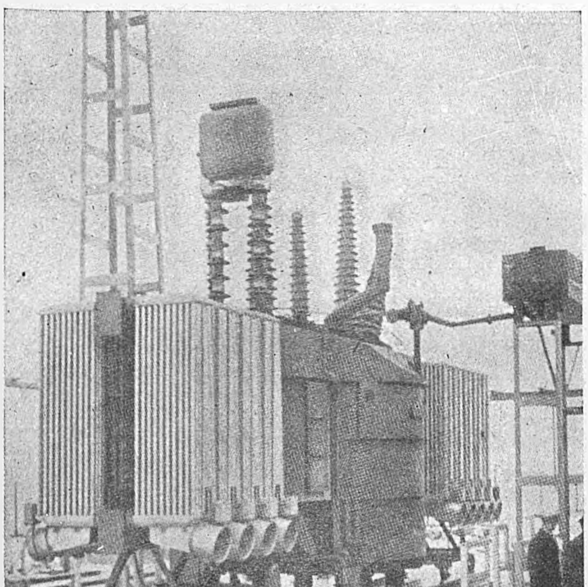
Rys. 1. Transformator jednofazowy z zespołu 120/120/40 MVA, 200/122/10 kV kompletnie zmontowany, lecz bez chłodników, przygotowany do próby w fabryce

*) Tego rodzaju konkretne zapytania zakłady BBC otrzymały w r. 1947 (Brown Boveri Mitteilungen, 1948, z. 1—2, str. 27).
**) Brown Boveri Mitteilungen, 1948, z. 1—2, str. 29—30 oraz 1948, z. 5—6, str. 162—163.

200/122/10 kV wykonany został z oddzielnymi bateriami chłodników (po dwie na transformator jednofazowy) na własnych podwoziach. Chłodniki wyposażone są w przewietrzniki pracujące przy wzroście obciążenia ponad 70% mocy znamionowej.



Rys. 2. Ten sam transformator przygotowany do transportu kolejowego (bez oleju)



Rys. 3. Transformator ustawiony na miejscu, kompletnie zmontowany (łącznie z chłodnikami), przygotowany do pracy. Konserwator oleju na specjalnym rusztowaniu widoczny z prawej strony

Na czas transportu (ze Szwajcarii do okręgu Malmö w południowej Szwecji) odjęte zostały następujące elementy (por. rys. 1 i rys. 2): 1. izolatory przepustowe (po stronie 200 i 122 kV), 2. górny zewnętrzny fragment przełącznika zaczepów, 3. opornik dla wymienionego przełącznika wraz z przynależnymi izolatorami, 4. zawór bezpieczeństwa, 5. napęd sprężynowy przełącznika zaczepów, 6. kółka jezdne, 7. rurociągi.

Komplet wymienionych elementów transportowany był na tym samym wagonie co transformator jednofazowy, baterie chłodników natomiast oddzielnie.

Olej spuszczono na czas transportu i na jego miejsce wprowadzono s u c h e p o w i e t r z e, a specjalnie przygotowany na ten czas pochłaniacz wilgoci zabezpieczał wnętrze transformatora przed zawilgoceniem.

Transformatory, po ustawieniu ich na miejscu pracy przy braku odpowiednio mocnych dźwigów, zostały napełnione starannie przygotowanym olejem przy zastosowaniu dużej próżni. Również chłodniki przed dobudowaniem ich do transformatorów napełniono tym samym olejem (rys. 3).

Transport tak wielkiego zespołu transformatorów, przy użyciu specjalnych wagonów kolejowych średniej wielkości oraz montaż w bardzo niekorzystnych warunkach dźwigowo-transportowych w samej podstacji były możliwe jedynie przy zastosowaniu transformatorów jednofazowych.

W. P.

CZY ŚWIATŁO LAMP FLUORYZUJĄCYCH JEST NIEBEZPIECZNE?

H. R. Ruff. Fluorescent Lamp Radiations. Light and Lighting (1949, styczeń)

Dla badania właściwości promieniowania podzielono je na obszary, z których każdy obejmuje promienie o pewnych wspólnych własnościach.

Jedną z takich klasyfikacji promieniowania źródeł światła naturalnego i sztucznego podaje tabl. I. Całe promieniowanie jest tu podzielone na trzy zasadnicze obszary: promieniowanie pozafioletowe, widzialne i podczerwone. Dwa pierwsze obszary podlegają dalszemu podziałowi. Obszar promieni widzialnych dzieli się mianowicie na siedem stref, z których każda obejmuje promienie o jednej barwie światła (oznaczonej w tablicy pierwszymi literami wyrazów: fioletowa, błękitna, niebieska, zielona, żółta, pomarańczowa, czerwona). Dogodny jest również podział promieniowania pozafioletowego na trzy strefy promieni: krótkich, średnich i długich. W dolnym wierszu tablicy podane są zjawiska biologiczne związane z różnymi strefami promieniowania. Podana tam dla strefy krótkich promieni pozafioletowych charakterystyka „powoduje bąble“ nie określa w pełni ich działania, jednakże świadomie uniknięto tu wyrażeń takich, jak „niebezpieczne“, z uwagi na to, że skutki tego promieniowania, jak i wszystkich innych, są zależne od ich nasilenia i czasu działania. Użyte określenie oznacza, że już niewielka dawka tego promieniowania może wywrzeć poważne działanie na skórę i oczy.

T a b l i c a I. Podział promieni

Pozafioletowe			Widzialne	Podczerwone
krótkie	średnie	długie	barwy f. b. n. z. ż. p. c.	cieplne
powodują bąble	opalają	nieczynne		

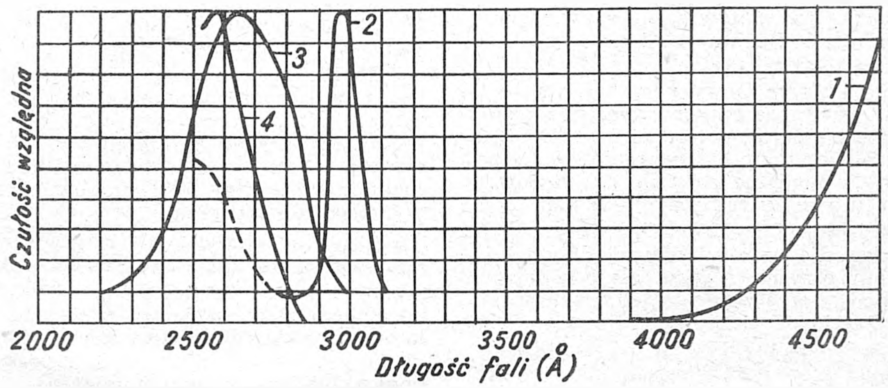
Ścisła współpraca lekarzy i fizyków umożliwiła przeprowadzenie znacznej liczby badań nad skutkami biologicznymi różnych rodzajów promieni i ustalenie czułości względnej w funkcji długości fali. Z wykresów na rys. 1 wynika, że aby wywrzeć z pomocą promieni pozafioletowych odpowiednio silne działanie biologiczne, należy zastosować promienie o fali krótszej od 3250Å. Wynika

z nich również, że wpływ promieniowania o pewnej ściśle określonej długości fali może być znacznie większy od wpływu fal innych, sąsiednich długości.

Posiadając taki materiał doświadczalny możemy ustalić dla każdej długości fali dawkę graniczną, poniżej której promieniowanie nie jest niebezpieczne. Granica taka zależy tak od mocy promieniowania, jak i od czasu jego działania.

W szczególności promieniowanie podczerwone, które przy normalnym nasileniu wywiera wrażenie przyjemnejące w świetle słonecznym — jak się wydaje — w drobnych dawkach, nie wywiera żadnego działania biologicznego; przy użyciu dawek umiarkowanych jest dla organizmu pożyteczne, a przy zbyt silnym naświetleniu szkodliwe. Badania spektrograficzne wykazują, że lampy fluoryzujące promieniują pewną ilość energii w tej właśnie części widma. Ważne staje się przeto zbadanie ilościowe tego promieniowania.

Zasługuje na uwagę fakt, że przy jednakowych jasnościach światła słonecznego i fluorescencyjnego otrzyma-



Rys. 1. Wykresy czułości
1 — część krzywej widzialności (X 10)
2 — działanie powodujące rumień (erythema)
3 — działanie bakteriobójcze
4 — czułość fotokomórki miedzianej

go ogrzewania, jest zdolne przy nasileniu ok. 5000 W/m² działać zabójczo na owady już w ciągu niewielkiej liczby sekund.

Na drugim zaś krańcu widma, jak to uznano na kongresie Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w Paryżu w r. 1948, promieniowanie pozafioletowe krótkofalowe (2537 Å) o nasileniu rzędu 0,001 W/m² jest bezpieczne nawet dla małych dzieci trwale wystawionych na ich działanie.

W świetle słonecznym jest tylko mała ilość tego promieniowania pozafioletowego krótkofalowego. Natomiast wewnątrz rur fluoryzujących występuje takie promieniowanie o znacznej mocy. Ono właśnie pobudza do świecenia substancje fluoryzujące. Gdyby część tego promieniowania, nie zmieniona na promieniowanie widzialne, mogła wyjść na zewnątrz rury, byłaby ona niewątpliwie bardzo niebezpieczna. Jest to jednak niemożliwe, ponieważ zwykłe szkło, jak wiadomo, pochłania całkowicie promieniowanie krótkofalowe. Możemy się o tym przekonać, ustawiając w bliskości rury fluoryzującej odbiornik tych promieni o takiej czułości, że wykrywa on istnienie promieniowania o nasileniu równym jednej dziesiątej części tego, które uznane zostało za bezpieczne dla małych dzieci. Takim odbiornikiem, niewrażliwym na promieniowanie widzialne, lecz reagującym silnie na promieniowanie krótkofalowe, jest fotokomórka o powierzchni miedzianej. Wykres czułości tego przyrządu podany jest na rys. 1. Przyrząd umieszczony przed lampą fluoryzującą wykazuje, że na zewnątrz lampy nie ma żadnego promieniowania pozafioletowego krótkofalowego i to bez względu na to, jaka część pierwotnego promieniowania lampy rtęciowej jest zamieniana na promieniowanie widzialne przez powłokę fluoryzującą.

Badacze interesowali się również zakresem fal pozafioletowych średnich (tabl. I). Promieniowanie to, występułoby się praktycznie te same ilości promieni „opalających". Jednakże gdy w południe dnia letniego występują jasności rzędu 85 000 lx, to we wnętrzach jasności 500 lx są już uznane za wysokie. W tych warunkach wielkość promieniowania pozafioletowego o średniej fali stanowi w świetle lampy fluoryzującej zaledwie jakąś 1/150 część tej wielkości, którą spotykamy w świetle słonecznym. Stwierdzono w sposób niewątpliwy, że taka ilość tej energii nie może być szkodliwa dla żadnej istoty ludzkiej. Niektórzy specjaliści wysuwają przypuszczenie, że z takiego naświetlenia może wyniknąć pewne drobne dodatnie działanie, jednak — zdaniem ogółu specjalistów — w normalnych warunkach oświetlenia wnętrz działanie fizjologiczne nie jest dostatecznie silne, aby mogło być wykryte.

Promieniowanie pozafioletowe o długiej fali jest powszechnie uznane za biologicznie nieczynne. Aby i tu jednak ująć zjawiska ilościowo, można powiedzieć, że w świetle fluorescencyjnym przy jasności 500 lx jest mniej niż 1/400 część tego promieniowania pozafioletowego o długiej fali, które znajduje się w świetle dziennym w lecie.

Co się tyczy promieniowania w obszarze podczerwieni, to oczywiste jest, że przy normalnych jasnościach ilość tej energii padająca na powierzchnie oświetlane lampami fluoryzującymi jest znikomo mała. Wszak lampy fluoryzujące są najchłodniejszym ze znanych źródeł światła sztucznego.

Dla pełności obrazu można jeszcze dodać parę słów o barwie lamp fluoryzujących. Widmo prążkowe podstawowej lampy jarzeniowej powoduje zwichrzenie barw przedmiotów oświetlanych. Inaczej jest jednak z lampą fluoryzującą, albowiem promieniowanie substancji fluoryzującej posiada widmo ciągłe. Toteż oddawanie barw przez taką lampę może być zbliżone do oddawania barw przez światło dzienne lub żarówkowe. *W. F.*

PILNA POTRZEBA PODRĘCZNIKÓW DLA SZKOLNICTWA ZAWODOWEGO

(Komunikat Centralnego Urzędu Szkolenia Zawodowego)

Głębokie przeobrażenia ustrojowe naszego życia gospodarczego oraz szybki rozwój techniki w ostatnich latach stawiają nasze szkolnictwo zawodowe wobec zagadnienia gruntownej rewizji obowiązujących programów nauczania, ich modernizacji i przystosowania do nowych potrzeb przemysłu, handlu, administracji.

Wraz ze zmianami programów nauczania i pogłębianiem się specjalizacji szkolnictwa wyłania się zagadnienie zaopatrzenia szkół w odpowiednie podręczniki naukowe i wydawnictwa pomocnicze uwzględniające najnowsze zdobycze nauki i techniki oraz osiągnięcia nowoczesnej pedagogiki.

Obecna sytuacja szkolnictwa zawodowego na tym odcinku nie przedstawia się świetnie. Wydane dotychczas prace nie zawsze odpowiadają potrzebom, a niewystarczająca ich ilość zmusza nauczycieli do korzystania z prze-

starzałych i trudno dostępnych książek przedwojennych. W wielu gałęziach szkolnictwa, zwłaszcza w tych, które nie istniały przed rokiem 1939, podręczników nie ma w ogóle.

W związku z tym Biuro Głównej Komisji Programowej Centralnego Urzędu Szkolenia Zawodowego, które w ciągu najbliższych kilku lat zamierza wydać około tysiąca podręczników, apeluje do wykładowców przedmiotów zawodowych i wybitnych fachowców z rozmaitych dziedzin życia gospodarczego o współudział w szeroko zakrojonej akcji wydawniczej i opracowywanie nowych podręczników, kompilacji i tłumaczeń z języków obcych — w ramach ustalonych programów nauczania — z uwzględnieniem najnowszych osiągnięć naukowych i aktualnych zagadnień.

Z przedmiotów, dla których nowy program nie został jeszcze określony, autorzy mogą opracowywać podręczniki zastępcze, kierując się istotnymi potrzebami szkoły i zawodu, do którego uczniowie mają być przygotowani, z tym zastrzeżeniem, że drugie wydanie zostanie przystosowane do nowego programu lub że autor będzie miał pierwszeństwo w opracowaniu nowego podręcznika.

Honoraria autorskie będą w pełni odpowiadały włożonym w pracę wysiłkom, przy czym przy ocenie podręczników wzięta będzie pod uwagę zarówno ich wartość naukowa, jak również językowa i opracowanie graficzne (rysunki, zdjęcia, dyspozycje autora).

Zainteresowani mogą kierować zgłoszenia do Dyrekcji Okręgowych Szkolenia Zawodowego (we wszystkich miastach wojewódzkich) lub bezpośrednio do Biura Głównej Komisji Programowej CUSZ w Warszawie, Al. I Armii W. P. nr 25.

WEZWANIE DO AUTORÓW i TŁUMACZY KSIĄŻEK TECHNICZNYCH

(od Departamentu Techniki PKPG)

Departament Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego, pragnąc skoordynować działalność autorów i tłumaczy, pracujących nad książkami technicznymi dla potrzeb gospodarki narodowej i podręcznikami dla wyższych i średnich szkół technicznych, oraz zapewnić ewentualne wydanie ich prac w ramach planów państwowych przedsiębiorstw wydawniczych, prosi autorów i tłumaczy posiadających prace w toku o zgłoszenie ich do Departamentu Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego.

Zgłoszenia winny zawierać: tytuł, krótkie omówienie treści (w wypadku tłumaczenia również nazwisko autora, nazwę wydawnictwa, rok wydania), stan pracy, przypuszczalny termin jej ukończenia, objętość pracy, ilość rysunków oraz przeznaczenie książki (dla robotników, techników, inżynierów, naukowa, podręcznik dla szkół wyższych lub średnich).

Książki, na które zostały zawarte umowy z instytucjami wydawniczymi, zgłoszeniu n i e p o d l e g a j ą.

Równocześnie Departament Techniki prosi autorów i tłumaczy zamierzających przystąpić do prac nad książkami technicznymi, by swe zamierzenia wstępnie zgłaszali do Dep. Techniki P. K. P. G. Zgłoszenia winny zawierać wszystkie dane, wymienione wyżej.

Zgłoszenia należy kierować pod adresem: Departament Techniki Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego, Warszawa, Pl. 3 Krzyży 5.

Konkurs na najlepszy opis metod pracy przodownika, racjonalizatora lub przodującej brygady

Wytyczne Komitetu Organizacyjnego dla autorów opisów oraz uczestników konkursu

A. Cel konkursu.

We wszystkich gałęziach przemysłu i gospodarki narodowej obserwujemy od dłuższego czasu rozwój ruchu współzawodnictwa pracy, powodujący wysuwanie się na czoło klasy robotniczej przodowników pracy oraz przodujących brygad. W ramach ruchu współzawodnictwa socjalistycznego począł rozwijać się ruch racjonalizatorski, nowatorski i wynalazczości robotniczej, będący wyrazem nowego stosunku klasy robotniczej do pracy w warunkach ustroju ludowego.

Ulepszone metody pracy w ramach tego ruchu i uzyskane doświadczenie powinny być gromadzone i opracowywane celem szerokiego ich rozpowszechniania. Osiągnięcia tego masowego ruchu przyczynią się do zwiększenia wydajności pracy, wykonywania i przekraczania planów i zacierania różnic między pracą umysłową i fizyczną, a tym samym przyśpieszą nasz marsz ku socjalizmowi. Doceniając powyższe „Przegląd Związkowy" (dawniej Robotniczy Przegląd Gospodarczy), organ Centralnej Rady Związków Zawodowych, oraz „Przegląd Organizacyjny", organ Głównego Instytutu Pracy, ogłosiły konkurs na najlepszy opis metod pracy przodownika, racjonalizatora lub przodującej brygady w przemyśle, budownictwie, rolnictwie, komunikacji i innych dziedzinach życia gospodarczego. Konkurs powinien przyczynić się do zmobilizowania przodujących robotników, majstrów i pracowników technicznych do walki o postęp techniczny.

B. Uczestnictwo w konkursie.

Uczestnikiem konkursu może być sam twórca nowej metody pracy, lub brygada stosująca nową metodę. Opis może być również sporządzony przez osobę trzecią w porozumieniu z twórcą nowej metody lub brygady stosującej ją. W konkursie mogą brać udział pracownicy wszystkich dziedzin życia gospodarki narodowej.

C. Wskazówki ogólne.

1) W nadesłanym opisie należy podać nazwisko, imię i dokładny adres uczestnika konkursu. W przypadku, gdy opis nadesłany jest przez brygadę lub sporządzony przy współudziale osoby trzeciej, należy podać również nazwiska i adresy wszystkich współuczestników.

2) Pisać należy tylko na jednej stronie arkusza, numerując bieżąco poszczególne strony.

3) Pożądane jest nadsyłanie opisu przepisanego na maszynie. W razie posługiwania się pismem ręcznym należy pisać czysto i wyraźnie.

4) Pisać należy zwięźle w sposób jasny i zrozumiały, zwracając przy tym uwagę na dokładne opisanie istotnych szczegółów.

5) W miarę możności pożądane jest załączenie do opisów odpowiednich rysunków, wykresów i fotografii.

D. Sposób sporządzania opisu.

I. O k o l i c z n o ś c i p o w s t a n i a n o w e j m e t o d y p r a c y. W opisie należy podać:

1. Okoliczności, które skłoniły racjonalizatora-nowatora lub brygadę do poszukiwania i zastosowania nowej metody (np. chęć do zwiększenia wydajności pracy, zmniejszenia wysiłku, zwiększenia zarobku itd.).

2. Trudności i przeszkody, które napotykało wprowadzanie nowych metod pracy, oraz sposób, w jaki zostały one przezwyciężone.

3. Stosunek współtowarzyszy pracy i kierownictwa do nowej metody pracy i jej inicjatora zaznaczyć, czy ewentualna początkowa niechęć została przełamana.

II. C h a r a k t e r y s t y k a n o w e j m e t o d y p r a c y. We wstępie należy określić rodzaj i charakter pracy uczestnika konkursu.

W opisie nowej metody należy uwzględnić następujące charakterystyczne jej cechy:

1. skrócenie czasu pracy,
2. zniesienie lub skrócenie zbędnych przerw,
3. zmiana ruchów lub kolejności ruchów w cyklu pracy,
4. racjonalniejszy podział pracy,
5. zmiana ustawienia maszyn i narzędzi, ułatwiająca pracę,

6. zmiana w dostawie lub ułożeniu materiałów,
7. praca wielowarsztatowa,
8. łączne wykonanie kilku czynności, wchodzących w zakres kilku specjalności,
9. ulepszenie narzędzi,
10. ulepszenie konstrukcji maszyn,
11. pełniejsze wykorzystanie techniki (mechanizacja i automatyzacja),
12. zwiększenie wydajności maszyn,
13. ulepszenie i zmechanizowanie transportu,
14. intensyfikacja procesów produkcyjnych,
15. zastosowanie ulepszonych lub tańszych materiałów, surowców,
16. oszczędność surowców, maszyn, narzędzi, energii itp.

III. Różnice między nową a starą metodą pracy. W opisie należy porównać wyniki nowej metody z wynikami starej. Należy rozłożyć cykl pracy na poszczególne operacje i określić, jeżeli to jest możliwe, czas ich trwania przed i po zastosowaniu nowej metody. W przypadku opisu nowej metody pracy, wykonywanej zespołowo przez brygady, wskazane jest podanie czasu pracy każdego członka zespołu. Należy opisać wzajemną zależność czynności wykonywanych przez poszczególnych członków zespołu.

IV. Wyniki nowej metody. W opisie należy podać korzyści wynikające z zastosowanej metody pracy wyrażone przez:

a) wzrost wydajności pracy (na godzinę lub dniówkę),
b) podwyższenie jakości produkcji,
c) obniżenie kosztów produkcji,
d) ułatwienie pracy,
e) zwiększenie bezpieczeństwa pracy,
f) wzrost zarobków.

Pożądane jest dla porównania wyników określenie powyższych elementów przed zmianą i po zmianie metody w liczbach bezwzględnych lub procentach.

V. Rozpowszechnienie nowej metody. Pożądane jest podanie:

1. czy nowa metoda pracy przyjęła się w danym zakładzie, co w tym kierunku uczyniono oraz co jeszcze należy uczynić;
2. czy nowa metoda została przeniesiona do innych zakładów pracy (danej gałęzi przemysłu lub innej);
3. jakie nowe formy rozpowszechnienia przodujących metod pracy autor proponuje.

E. Uwagi końcowe.

Cel konkursu zostanie osiągnięty, jeśli wyniki konkursu przyczynią się wydatnie do realizacji planu sześcioletniego. Dlatego też niezbędnym jest masowy udział w nim przodowników, racjonalizatorów, nowatorów i wynalazców. Właściwe sporządzenie opisów nowych metod pracy ułatwi ocenę nadesłanych prac i zapewni autorom możliwości uzyskania nagród oraz pełne wykorzystanie dokonanych usprawnień. Z tego też względu powinny zawierać wyłącznie fakty realne zgodne z rzeczywistością.

W razie napotykania trudności technicznych lub innych w sporządzaniu opisu, należy zwracać się do organizatorów konkursu, którzy dołożą starań, aby te trudności usunąć i zapewnić każdemu przodownikowi, racjonalizatorowi i nowatorowi możność wzięcia udziału w konkursie.

KOMUNIKATY S.E.P.

1. Termin XVI Walnego Zgromadzenia SEP. Dnia 15. XII. 49 r. na wspólnym zebraniu Zarządu Głównego i prezesów oddziałów SEP w Warszawie została jednomyślnie powzięta następująca uchwała:

„Wspólne zebranie Zarządu Głównego i prezesów oddziałów SEP, działające z upoważnienia XV Walnego Zgromadzenia SEP, ustala Wrocław jako miejsce XVI Walnego Zgromadzenia SEP w terminie i w ramach Kongresu Techników".

2. Legitymacje członkowskie. Sekretariat Generalny SEP rozesłał do Oddziałów legitymacje członkowskie na rok 1950. Koledzy proszeni są o zgłaszanie się do Oddziałów po odbiór legitymacji. Legitymacje są wydawane za opłatą 15 zł z dodatkiem 5 zł kosztów manipulacyjnych na rzecz Oddziału.

3. Sprostowanie w liście kandydatów. Podane w zesz. 7/8 Przegl. Elektr. na str. 232 nazwiska kandydatów do Oddziału Lubelskiego należy przenieść do p. 3a na str. 231, tj. do listy kandydatów na członków zwyczajnych, natomiast kandydaturę Kruka Jana (Lublin, Północna 30) wymienioną w p. 3a należy przenieść do p. 3b na str. 232, tj. do listy kandydatów na członków współdziałających.

4. Kandydatury na członków SEP. W myśl § 12 statutu SEP ogłasza się następującą listę kandydatów:

a) Na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

ODDZIAŁ DZIERŻONIOWSKI

Bronicki Tadeusz, (T), Bielawa, D. Śl., Wolności 102
Byrski Tadeusz, Bielawa, Świerczewskiego 8
Cielarczyk Bolesław, Dzierżoniów, Brzozowa 14
Engelking Jan, (T), Dzierżoniów, Mickiewicza 10 m. 3
Goldman Adam, (T), Dzierżoniów, Marszałkowska 5 m. 2
Jagodziński Czesław, (T), Dzierżoniów, D. Śl., Szpitalna 60
Jaworski Edmund, (T), Dzierżoniów, Słowackiego 26 m. 1
Jaworski Tadeusz, Bielawa, ZEODś
Kasprzyca Stanisław, (T), Dzierżoniów, Strzelnicza 7
Kawecki Jan, (T), Dzierżoniów, D. Śl., Botwina 31
Lewko Jan, (T), Dzierżoniów, Słowackiego 10
Łoboda Ryszard, Dzierżoniów, Pańska 38
Płużyczka Ryszard, (T), Dzierżoniów, D. Śl., 22 Lipca 32
Polek Tadeusz, (T), Dzierżoniów, D. Śl., 22 Lipca 32
Praca Józef, (T), Dzierżoniów, Żymierskiego 48
Sikora Józef, (T), Dzierżoniów, D. Śl., Słowackiego 27 m. 1
Tajchner Henryk, (T), Dzierżoniów, Brzozowa 8
Tatarczyk Henryk, (T), Dzierżoniów, Żymierskiego 46
Tauer Bolesław, Dzierżoniów, Kilińskiego 27

ODDZIAŁ GDAŃSKI

Demel Mieczysław, Gdańsk 1, Ołowianka 1 m. 16
Jankowski Zygmunt, Gdańsk 1, Zielony Trójkąt 47
Kibil Roman, Gdańsk 6, Grażyny 21 m. 7
Korszun Halina, Gdańsk-Oliwa, Al. Sprzymierzonych 104
Miketta Ryszard, Gdynia, Zakopiańska 10-a
Molus Franciszek, (T), Bydgoszcz, Wincentego Pola 16 m. 2
Ośmiałowski Sylwester, Gdynia, Święto-Jańska 87 m. 12
Panecki Maciej, (T), Gdańsk 6, Brzozowa 3a m. 4
Preis Anatoliusz, Gdańsk 6, Pniewskiego 6 m. 3
Przybylski Tadeusz, Gdańsk-Oliwa, Bitwy Oliwskiej 18
Rzeszotarski Kazimierz, (T), Gdańsk-Siedlice, Lignicka 1—3 m. 5
Sobczak Janusz, Gdańsk 6, Al. Słowackiego 24 m. 4
Szczuciński Ludwik, (T), Gdańsk-Orunia, Żuławska 14 m. 3
Urych Zbigniew, Gdańsk 6, Bol. Chrobrego 28 m. 1
Żukowski Stefan-Tadeusz, Gdańsk 1, Ołowianka 16 m. 9

ODDZIAŁ KRAKOWSKI

Abratowski Władysław, Kraków-Olsza, Żuławska 9 m. 1
Baranowski Wacław, Kraków, Orzeszkowej 9 m. 5
Borgieł Stanisław, Trzebinia, Elektrownia Siersza Wodna
Buczek Stefan, Kraków-Prokocim, Morawiańskiego 8 m. 2
Cimr Stanisław, Trzebinia, Elektrownia Siersza Wodna
Filipek Romuald, (T), Kraków, Łobzowska 45 m. 1
Gierwielaniec Stanisław, Kraków, Cystersów 16
Kasprzycki Sławomir, Wieliczka, Aywasa 6
Kosieniak Stanisław, Kraków, Pawia Boczna 10 m. 5
Kowalewski Apolinary, Kraków, Mostowa 6 m. 13
Króll Zygmunt, Kraków, Św. Sebastiana 36
Kubaszewski Stanisław, Kraków, Cieszyńska 4 m. 7
Malinowski Wojciech, (T), Kraków, Ludwinowska 18
Miszczyszyn Bolesław, Kraków, Zamenhofa 5 m. 1
Motyliński Zenon, Mościce, Linia 110 kV
Pagórski Bronisław, Kraków, Powstańców 14
Pantofliński Czesław, (T), Kraków, Różana 15 m. 6
Pieczonka Aleksander, Kraków, Grodzka 26 m. 12
Prokopowicz Jan, Stalowa Wola, Mickiewicza 6
Pyka Marian, (T), Kraków, Al. Daszyńskiego 9 m. 6
Schiller Aleksander, Kraków, Friedleina 28
Wałach Karol, (T), Kraków-Olsza, Mieszka I 8 m. 2
Witek Alojzy, Kraków, Łobzowska 9, III p.
Wittek Stanisław, Kraków, Starowiślna 8 m. 2
Władyka Stanisław, Kraków, Filipa 21 m. 9

ODDZIAŁ LUBELSKI

Wawrzonek Stanisław, (T), Lublin, Lubartowska 101a

ODDZIAŁ ŁÓDZKI

Andrzejewski Bohdan, Łódź, Bednarska 24 m. 58
Baranowski Jerzy, Łódź, Gdańska 123 m. 5
Barszczewski Ludwik, Łódź, 11 Listopada 13 m. 41
Bartkowski Zygmunt, Andrzejów, Polna 3
Bigalke Jan, Zgierz, Ciosnowska 4
Błaszczyk Henryk, Łódź, Przędzalniana 54 m. 10
Dabrowski Kazimierz, Łódź, Magistracka 22
Dobrzyński Franciszek, Łódź, Narutowicza 56 m. 41
Dymitrowski Piotr, Łódź, Piotrkowska 67 m. 13
Faniszewski Ksawery, Łódź, Srebrzyńska 81 m. 20
Hoppen Sewerian, Łódź, Kilińskiego 40 m. 173
Janicki Eugeniusz, Łódź, Piotrkowska 61

Jędrzejewski Jerzy, Łódź, Moniuszki 5 m. 30
Kawecki Franciszek, Łódź, Daszyńskiego 73 m. 1
Klubowski Aleksander, Łódź, Pogonowskiego 27
Kosiński Tadeusz, Łódź, Sienkiewicza 47
Krzemiński Edmund, Łódź, Tramwajowa 6
Limanowski Walerian, Łódź, Piotrkowska 56
Łobacz Piotr, Kalisz, Górnośląska 66
Łysik Stanisław, Łódź, Żeromskiego 15 m. 3-a
Mańkowski Zbigniew, Łódź, Andrzeja Struga 45 m. 15
Marchwicki Władysław, Łódź, Przędzalniana 71
Mijakowski Zygmunt, Sieradz, 23 Stycznia 9 m. 3
Mroczkowski Bronisław, Łódź, Andrzeja Struga 38 m. 1
Nowakowski Ignacy, Łódź, Piotrkowska 31 m. 19
Pereszczako Stanisław, Łódź, Fabryczna 2 m. 18
Pietrzak Feliks-Kazimierz, Łódź, Piotrkowska 56 m. 47
Pill Jerzy, Łódź, Wólczańska 137 m. 6-a
Ror Jerzy, Łódź, Żeligowskiego 22
Rychter Stefan, Łódź, Narutowicza 103 m. 2
Sander Marian, Łódź, Piotrkowska 18 m. 16
Sikorski Hieronim, Łódź, Perłowa 19 m. 1
Skolimowski Edward, Łódź, Gdańska 98 m. 6
Solecki Jerzy, Łódź, Tylna 14
Studniarek Kazimierz, Łódź, Zachodnia 64 m. 2
Szymczak Stanisław, Łódź, Sienkiewicza 47
Szejna Stanisław, Łódź, Wólczańska 137 m. 6-a
Topolski Roman, Łódź, Rudzka 29
Toruńczyk Bolesław, Łódź, Traugutta 8
Urbach Wiktor, Łódź, Piotrkowska 101
Wardecki Antoni, Łódź, 11 Listopada 58
Zydler Stanisław, Łódź, Bandurskiego 14
Żakowicz Paweł, Łódź, Więckowskiego 4 m. 23
Żejmo Władysław, Pabianice, Odrodzenia 11 m. 1

ODDZIAŁ MAZOWIECKI

Buchowiecki Roman, Nieszawa, 3 Maja 4
Dobiszewski Rafał, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW
Dworak Izydor, Skierniewice, Czysta 9
Filipowicz Teodor, Kutno, 29 Listopada 16
Gasparski Kazimierz, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW
Jarzyński Jan, Lipno, Czerwonej Armii 8
Malinowski Wincenty, Kutno, Narutowicza 54
Ners Wacław, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW
Pietrzykowski Marian, Rawa Mazowiecka, Skierniewicka 3
Roskowski Bolesław, Łowicz, Mostowa 30
Stanek Władysław, Ciechanów, Warszawska 51
Szpura Jerzy, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW
Żeberkiewicz Mieczysław, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW

ODDZIAŁ POMORSKI

Buliński Michał, (T), Inowrocław, Solankowa 40 m. 2
Cieśliński Leszek, (T), Bydgoszcz, Bocianowo 9 m. 3
Czajkowski Bernard, Toruń, Rynek Staromiejski 36
Daszuta Wiktor, (T), Bydgoszcz, Dworcowa 67 m. 8 a
Donimirski Ignacy, (T), Bydgoszcz, Dworcowa 96 m. 4
Heyduk Maksymilian, Bydgoszcz, Chołoniewskiego 46 m. 3
Hoffman Antoni, Bydgoszcz, Nowy Rynek 6
Jankowski Leon, Grudziądz, Curie-Skłodowskiej 8
Jaworski Tadeusz, Bydgoszcz, Żeglarska 45 m. 3
Kłodziński Roman, Toruń, Przy Rzeźni 12
Kłosowski Władysław, Bydgoszcz, Rycerska 26 m. 5
Mackiewicz Franciszek, (T), Bydgoszcz, Kozietulskiego 32
Mikołajczyk Bernard, Bydgoszcz, Hetmańska 2 m. 5
Murawski Marian, Toruń, Szymanowskiego 16 m. 3
Niedźwiedzki Henryk, Toruń, Piastowska 9 m. 4
Pawlikowski Janusz, Toruń, Słowackiego 71 m. 4
Stępień Jan, Bydgoszcz, Zduny 11 m. 4
Wąsiak Franciszek, (T), Bydgoszcz, Ossolińskich 17
Wyszkowski Marian, (T), Bydgoszcz, Dworcowa 67 m. 1

ODDZIAŁ POZNAŃSKI

Brzeziński Andrzej, Poznań, Żupańskiego 7 m. 10
Dmowski Marcjan, Poznań, Poznańska 37 m. 4
Fijałkowski Roman, Leszno Wlkp., Słowiańska 4
Lesiński Sylwester, Poznań, Św. Józefa 6 m. 20
Matecki Jerzy, Poznań, Za groblą 5 m. 6
Perz Andrzej, Poznań, Sienkiewicza 10
Stanowski Leszek, Poznań, Śląska 6/7 m. 2
Steczyszyn Edward, Poznań, Jagiełły 5 m. 9
Wojciechowski Roman, Poznań, Rokossowskiego 76 m. 2
Wołodźko Tomasz, Dychów, Elektrownia

ODDZIAŁ SZCZECIŃSKI

Kruszyński Aleksander, Szczecin, Orląt 8 m. 3

ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Bielawski Stanisław, Rembertów, Gen. Weyganda 5
Czapla Janusz, Warszawa, Noakowskiego 16 m. 32
Drużyna Lucjan, Warszawa, Pl. Starynkiewicza 7 m. 152
Eysymontt Czesław, Warszawa, Hoża 42 m. 12
Jankowski Stanisław-Grzegorz, Wołomin, Trakt Warszawski 84 m. 3
Jaroszyńska Halina, Warszawa, Asfaltowa 5 m. 10
Kaczorowski Wiesław, Grodzisk Mazowiecki, Dworska 8 m. 2
Keller Emil, Warszawa, Pytlasińskiego 14 m. 2
Lech Władysław, Warszawa-Praga, Stalowa 35 m. 10
Lepa Erwin, Warszawa, Al. Waszyngtona 6 m. 6
Łoś Stanisław, Falenica pod Warszawą, Poniatowskiego 1 m. 20
Majewski Stanisław, Pruszków, p-ta Piastów pod Warszawą, M. Konopnickiej 6
Metera Jerzy-Andrzej, Warszawa, Krasińskiego 18 m. 155
Milewski Jerzy, Warszawa, Tamka 45-a
Morzycka Anna, Warszawa, Wiejska 7 m. 18
Ostaszewicz Jerzy, Warszawa-Praga, Targowa 39 m. 12
Pacewisz Janusz, Warszawa, Krasińskiego 29 m. 88
Plewiński Wincenty, Warszawa-Praga, Targowa 67 m. 11
Raczkowski Włodzimierz, Warszawa, ul. Wawelska, Fińskie Domki, kol. VIII/8
Roguski Antoni, Warszawa, Raszyńska 56 m. 37
Sergiej Roman, Warszawa, Grójecka 40 m. 46
Seruga Wiesław, Warszawa, Krechowiecka 5 m. 2
Sterna Leon, Sękocin pod Warszawą, gm. Falenty
Stopczański Wojciech, Warszawa, Grochowska 331 m. 26
Wojtkiewicz Stanisław, Warszawa, Radomska 22 m. 20
Zołędziowski Stanisław, Warszawa, Al. Stalina 18 m. 38

ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Baldy Tadeusz, Wrocław, Garwolińska 15 m. 1
Bartosik Stanisław, (T), Januszewicka 15 m. 3
Bielowski Piotr, Wrocław, Plac Uniwersytecki 15 a
Buck Józef, Wrocław-Leśnica, Wschowska 14
Drozd Aleksy, Wrocław, Worcella 5 m. 4
Eibl Tadeusz, Wrocław, Lenartowicza 9
Fetter Jerzy, Wrocław, Krasińskiego 13 m. 4
Głowiński Zdzisław, Wrocław, Szczęśliwa 220 m. 2
Grzywacz Jerzy, Wrocław, Dworcowa 1 a m. 4
Husarz Maciej, Wrocław, Żmichowskiej 3 m. 4
Izdebski Dominik, Wrocław, Niskie Łąki 41
Janicki Jerzy, Wrocław, Bol. Prusa 42 m. 10
Jankowski Kazimierz, Wrocław, Borkowskiego 26
Jaszczewski Zbigniew, Wrocław, Abramowskiego 55
Jędras Władysław, Wrocław, Sowińskiego 15 m. 4
Kaźmierski Hieronim, Wrocław, Jastrzębia 18
Kijak Stanisław, Wrocław, Sudecka 33/35 m. 6
Kiljan Jarosław, Wrocław, Wandy 6
Kłopotowski Bartłomiej, Wrocław, Januszewicka 13 m. 3
Kłopotowski Zbigniew, Wrocław, Stalina 178 m. 2
Koczul Dariusz, Wrocław, Niskie Łąki 41
Kolasiński Tadeusz, Wrocław, Stalina 172 m. 5
Kowalski Zdzisław, Wrocław, Głowackiego 45
Kostański Mieczysław, Wrocław, Spółdzielcza 21 m. 4
Koszuta Lech, Wrocław, Okrzei 33 m. 6
Krzemień Stanisław, Wrocław, Jagiellończyka 46 m. 6
Kurczewski Józef, Wrocław, Dworcowa 11 m. 8
Latuszek Stanisław, Wrocław, Belwederczyków 16
Lesiński Jan, Wrocław, Łowiecka 5
Lubieniecki Dominik, Wrocław, Miernicza 16 m. 12
Łopata Wacław, Wrocław, Jeleniejówka 45
Maciejewski Stanisław, Wrocław, Bol. Chrobrego 20 m. 6
Malewicz Jerzy, Wrocław, Al. Lipowa 21
Malinowski Bogdan, Wrocław, Sudecka 80 m. 1
Malinowski Janusz, Wrocław, Jastrzębia 18
Mączyński Zygmunt, Wrocław, Jastrzębia 18
Naleziński Henryk, Wrocław, Mikołaja 22 m. 3
Niedzielski Leszek, Wrocław, Sudecka 33/35 m. 6
Parkasiewicz Adam, Wrocław, Tarnogajska 41 m. 1
Pełzel Seweryn, Wrocław, Zbożowa 5 m. 2
Płatek Stefan, Wrocław, Garwolińska 17/19 m. 1
Rachwalski Alfons Zbigniew, Wrocław, Kołłątaja 32 m. 8
Rajces Kazimierz, Wrocław, Piastowska 37 m. 6
Rederski Julian, Wrocław, Czackiego 46
Rosiak Stanisław, Wrocław, Pilczycka 122 a m. 2
Sebzda Edward, Wrocław, Emilii Plater 21 m. 4
Siewarga Tadeusz, Wrocław, Wilcza 6
Sinkiewicz Władysław, Wrocław, Andrzeja Struga 11 m. 12
Słomka Tadeusz, Wrocław, Miernicza 9 m. 7
Słowikowski Lucjan, Wrocław, Dworcowa 10 m. 2
Stanek Józef, Wrocław, Karola Marksa 23 a m. 10
Starzyński Józef, Wrocław, Ładna 11 m. 16
Styrczewski Rufin, Wrocław, Oławska 7 m. 11
Synal Bogdan, Wrocław, Ładna 11 m. 16
Szczerbik Bolesław, Wrocław-Oporów, Modrzewskiego 16
Szczerbik Henryk, Wrocław-Oporów, Modrzewskiego 16
Szmigielski Piotr, Wrocław, Wielka 167 m. 8
Śpiechowicz Henryk, Wrocław, Grabiszyńska 99 m. 10
Tarkowski Tadeusz, Wrocław, Energetyczna 6 m. 1
Tomaszewski Władysław, Wrocław, Traugutta 35/37
Torbin Włodzimierz, Wrocław, Bol. Chrobrego 37
Tryzno Hieronim, Wrocław, Gen. Prądzyńskiego 9 m. 1
Urbanowicz Zbigniew, Świebodzice, Strzegomska 23 m. 27
Weraksa Edward, Wrocław, Nęcińskiego 17
Wojtkowski Julian, Wrocław, Bol. Prusa 42 m. 10
Woliński Ryszard, Wrocław, Traugutta 35/37
Wypych Stefan, Świebodzice, Wolność 33
Zachara Stanisław, Wrocław, Plac Grunwaldzki 58 a m. 1
Ziętek Janusz, Wrocław, Beniowskiego 15
Ziober Tadeusz, Wrocław, Bos. Hankego 17 m. 6
Żuchniewicz Jerzy, Wrocław, Niskie Łąki 41
Żurawski Zygmunt, Wrocław, Januszewicka 8 m. 3
Żybura Eugeniusz, Wrocław, Św. Wincentego 7 m. 15

ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Bucholc Józef, Katowice, Żwirki i Wigury 15 m. 5
Dobrowolski Kazimierz, Bielsko, Śl., Żymierskiego 4 m. 6
Guzik Adam, Stare Bielsko Nr 413, p-ta Bielsko Śl.
Helbin Piotr, Łaziska Górne, pow. Pszczyna
Kosiński Bernard, Wełnowiec, Świerczewskiego 8
Krochmal Stanisław, Katowice, Szopena 18 m. 10
Ligoń Karol, Chorzów, Kędzierzyńska 6
Marzecki Stanisław, Katowice, Kopernika 6 m. 5
Mrozek Teodor, Chorzów I, Hajducka 50
Niczpan Wiktor, Gliwice, Kościelna 1
Pisarski Leonard, Chorzów II, 3-go Maja 17
Puchała Bernard, Mikołów, Śl., Miarki 18 m. 6
Rabiasz Jan Julian, Częstochowa, Katedralna 12 m. 2
Sawicki Zygmunt, Katowice, 3-go Maja 9
Śródka Zygmunt, Bytom, Krakowska 26
Święcki Wiesław, Gliwice, Mickiewicza 54
Wojtowiecki Jerzy, Gliwice, Dąbrowskiego 31 m. 3

b) Na członków współdziałających Stowarzyszenia

ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Hobler Adam, Wrocław, Lompy 18 m. 8
Łotocki Julian, Wrocław, Trójkątna 66
Perzanowski Jerzy, Wrocław, Barycka 4 m. 5
Tajer Tadeusz, Wrocław, Pl. Staszica 38, m. 3

BIULETYN GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok III — nr 22 Warszawa, Al. Niepodległości 222 Grudzień 1949 r.

Zakład Wysokich Napięć

SUSZENIE UZWOJEŃ — ZWŁASZCZA UZWOJEŃ TRANSFORMATOROWYCH

Ze względu na wielkie znaczenie praktyczne zagadnień suszenia i nasycania w technice wysokich napięć Zakład prowadzi prace zmierzające:

1. do zbadania wpływu różnych sposobów suszenia i nasycania na własności izolacji, zwłaszcza papierowej;

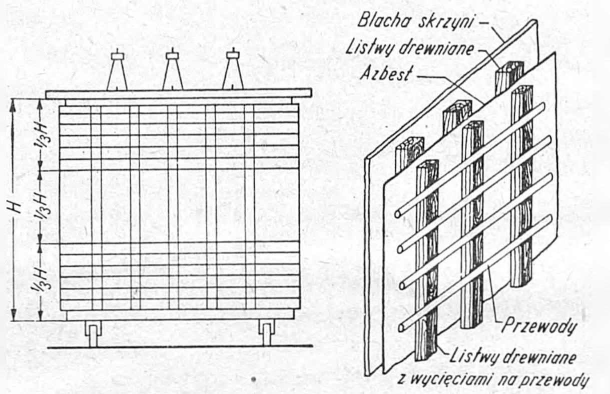
2. do opracowania metod pomiarowych pozwalających na należytą kontrolę procesu suszenia;

3. do opracowania praktycznych metod suszenia i nasycania, zwłaszcza nadających się do użytku w energetyce i w mniejszych warsztatach naprawczych, oraz metod oceny stopnia zawilgocenia transformatorów znajdujących się w ruchu.

Z dotychczasowych wyników zasługują na uwagę próby, dotyczące praktycznego zastosowania metody „strat w żelazie skrzyni" do suszenia transformatorów. Metoda ta jest szeroko rozpowszechniona w Związku Radzieckim i uważana tam za „najlepszą w warunkach eksploatacji" (ob. Instrukcja po eksploatacji siłowych transformatorów — Ministierstwo Elektrostancyj, 1946 r., § 173); natomiast w Polsce jest ona dotychczas mało rozpowszechniona (ostatnio opis tej metody został umieszczony w Instrukcji Eksploatacji transformatorów, wydanej przez Centralny Zarząd Energetyki).

Głównymi zaletami tej metody są:

1. Możliwość suszenia w próżni uzwojeń transformatorów nawet w najniekorzystniejszych warunkach eksploatacyjnych. Suszenie próżniowe okazało się niezbędne dla



Rys. 1. Sposób nawinięcia uzwojenia magnesującego

prawidłowej pracy izolacji transformatorów wysokiego napięcia.

2. Możliwość uzyskania prawie zupełnie równomiernego rozkładu temperatur w transformatorze, co nie da się nigdy uzyskać przy podgrzewaniu prądem zwarcia.

3. Znaczne skrócenie czasu suszenia w porównaniu z metodami stosowanymi dotychczas w Polsce.

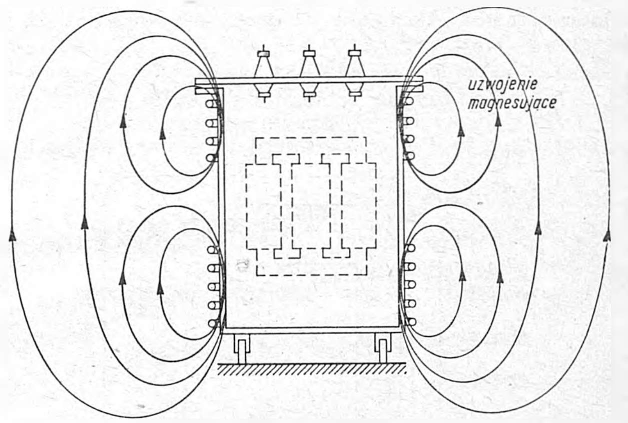
Urządzenie do podgrzewania metodą strat w żelazie sporządza się w sposób następujący.

Po zdjęciu radiatorów dookoła skrzyni transformatora ustawia się pionowo szereg listew drewnianych w ten sposób, żeby odległość między sąsiednimi listwami wynosiła około 50 cm. Listwy pokrywa się warstwą azbestu dla izolacji cieplnej (rys. 1).

Na azbest nakłada się listwy z wyżłobieniami na przewody i nawija się przewód Cu 35 lub 50 mm². Można do tego użyć starego przewodu instalacyjnego LG, można też nawinąć przewód goły przy zachowaniu odpowiednich ostrożności. Ilość potrzebnego przewodu waha się w granicach od 100 do 500 m w zależności od wielkości transformatora i od wielkości napięcia zasilającego uzwojenie magnesujące.

Jako źródło napięcia służy sieć niskonapięciowa na 50 okr./sek. Dla małych transformatorów (kilkaset kVA) zaleca się stosować napięcie obniżone do 60 V przy pomocy zwykłego transformatora spawalniczego. Dla większych transformatorów (kilka tysięcy kVA) stosuje się napięcie 220 lub 380 V.

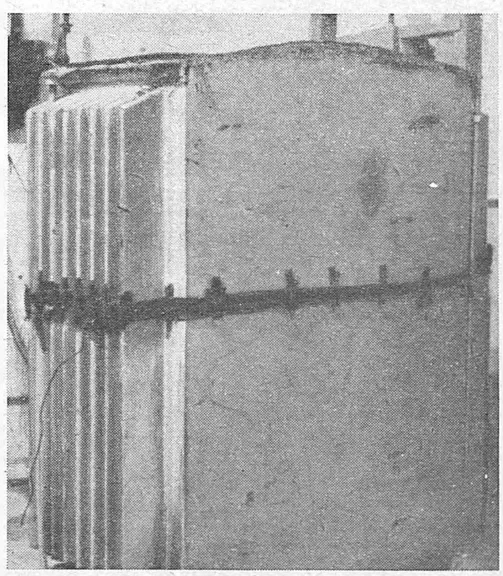
Najodpowiedniejszy prąd dla uzwojenia grzejnego jest 150 A, może się jednak wahać w b. szerokich granicach



Rys. 2. Rozkład pola magnetycznego w skrzyni transformatora

(w laboratorium Instytutu np. stosowano podgrzewanie niedużego naczynia o objętości około 20 l przy pomocy uzwojenia z 5 zwojów; prąd wynosił 400 A, napięcie 6 V).

Jak wynika z rys. 2, pole magnetyczne uzwojenia grzejnego zamyka się prawie wyłącznie w skrzyni. Dokonane



Rys. 3. Skrzynia, na której przeprowadzono pomiar rozkładu strumieni przy pomocy uzwojeń pomiarowych widocznych na rysunku i umieszczonych wewnątrz i zewnątrz skrzyni

pomiary wykazały, że wewnątrz skrzyni pole magnetyczne od nawiniętego na wierzchu uzwojenia grzejnego jest nieznaczne.

Dla badanego przez Główny Instytut Elektrotechniki przypadku (skrzynia transformatora na 200 kVA, rys. 3)

strumień magnetyczny przechodzący przez wnętrze skrzyni stanowił 1/35 strumienia magnetycznego przechodzącego przez blachę skrzyni.

Na podstawie otrzymanych wyników można sądzić, że w skrzyni powstają prądy wirowe dwóch rodzajów (rys. 4): 1. prądy wirowe zamykające się dookoła skrzyni transformatora w ten sposób, jak gdyby skrzynia stanowiła jeden zwarty zwój; 2. prądy wirowe zamykające się w przekroju blachy skrzyni.

Łatwo jest uzyskać moc prądów wirowych rzędu 1 kW na 1 m² powierzchni skrzyni i więcej. Moc ta wystarcza, jak wykazuje praktyka i obliczenia termiczne, do nagrzania skrzyni do temperatury około 100° C nawet bez stosowania izolacji cieplnej.

Czas potrzebny na nagrzanie transformatora do temperatury 100° C waha się w granicach od 6 do 50 godzin w zależności od wielkości transformatora i od mocy strat w żelazie.

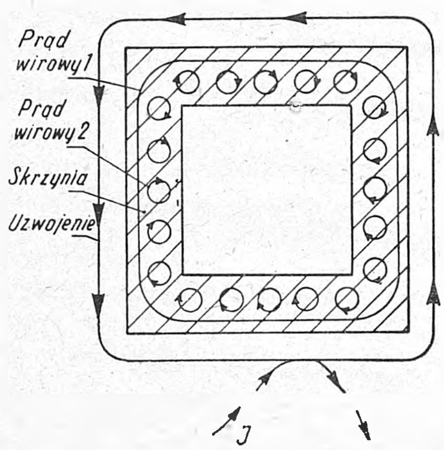
Czas suszenia w próżni wynosi 48—200 godz.

Moc potrzebną do nagrzania transformatora oblicza się ze wzoru:

$$P = (5 \div 12) \cdot S \cdot \triangle t \cdot 10^{-3},$$

gdzie P — moc czynna pobierana z sieci w kW;

S — powierzchnia skrzyni transformatora w m² (powierzchnię tę oblicza się mnożąc wymiary gabarytowe



Rys. 4. Schemat skrzyni z zaznaczonym rozpływem prądów wirowych

Widoczne są prądy zamykające się dookoła obwodu skrzyni i na jej grubości. Suma tych prądów stwarza zjawisko wypierania prądu ku ściance zewnętrznej.

skrzyni, a więc nie jest to powierzchnia blachy uwzględniająca pofalowania);

$\triangle t$ — wymagany przyrost temperatury transformatora ponad temperaturę otoczenia w ° C.

Współczynnik 5 we wzorze należy przyjąć dla skrzyń dobrze izolowanych cieplnie, a współczynnik 12 dla skrzyń nieizolowanych.

Dla określenia liczby zwojów potrzebnych do wytworzenia odpowiedniej mocy (przy napięciu na uzwojeniu około 60 V dla transformatorów małych i 220 V dla transformatorów dużych) należy kierować się następującą tabelką:

Moc transformatora (kVA)	Napięcie na zwój (V)
100	2,5
160 — 500	3 — 4
1 000 — 10 000	5 — 6

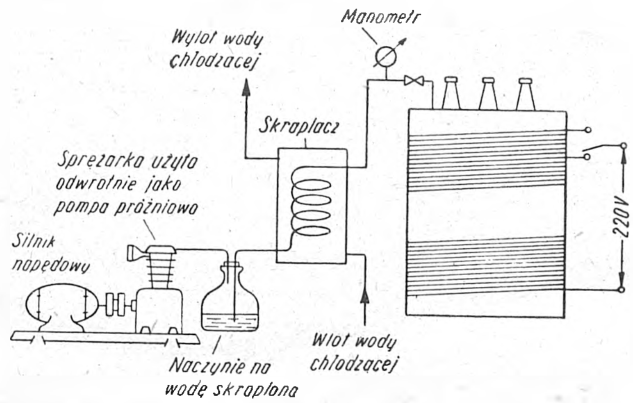
Zaleca się nawijanie uzwojenia tylko u góry i dołu skrzyni, jak pokazano na rys. 1; ma to na celu uzyskanie równomierniejszego rozkładu temperatury.

Celem regulacji temperatury można na uzwojeniu wykonać zaczepy i przez przełączanie tych zaczepów regulować pobór mocy. Przy obliczaniu prądu pobieranego przez uzwojenie należy uwzględnić współczynnik mocy, który zależy od odległości uzwojenia od skrzyni: im to uzwojenie jest dalej, tym gorszy jest współczynnik mocy. Dla skrzyń z blachy gładkiej z uzwojeniem nie dalej niż 5 cm od blachy współczynnik mocy będzie około 0,85. Dla skrzyń z blachy falistej współczynnik mocy równa się około 0,6, dla skrzyń z rurami chłodzącymi 0,45 i mniej.

Dane powyższe są wynikiem licznych prób wykonanych w GIEl na transformatorach o mocy od 30 do 500 kVA.

Zgodność tych danych dla większych transformatorów została potwierdzona w praktyce w jednej z elektrowni podczas suszenia metodą strat w żelazie transformatora o mocy 16 MVA.

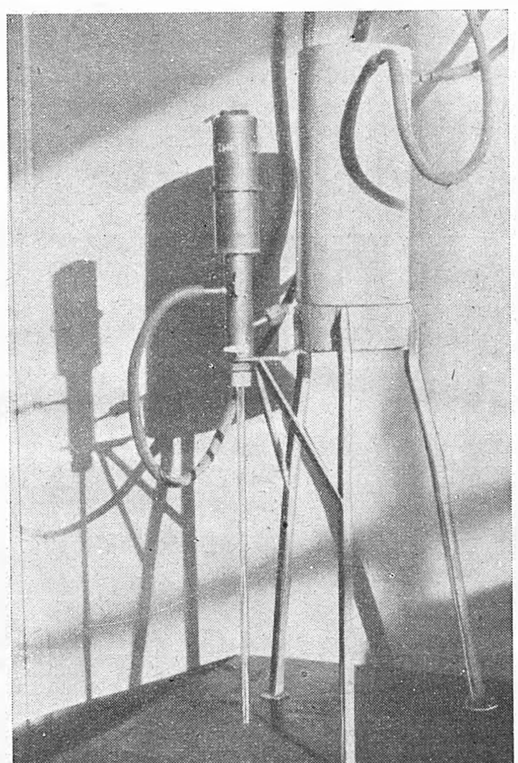
Ze względu na wytrzymałość mechaniczną skrzyń transformatorowych stosuje się zwykle przy suszeniu próżnię około 50% (tj. ciśnienie bezwzgl. około 360 mm Hg); przy



Rys. 5. Schemat zestawienia aparatów

skrzyniach specjalnie mocnych i grubych można z korzyścią próżnię powiększyć.

Jak wykazuje praktyka, rolę pompy próżniowej dobrze spełniają sprężarki stosowane w przemyśle np. do pom-



Rys. 6. Skraplacz w wykonaniu GIEl

powania opon samochodowych lub do lakierowania pistoletem i pozwalają uzyskać próżnię do 96% (tj. ciśnienie bezwzgl. około 30 mm Hg). Do suszenia próżniowego stosuje się układ przyrządów podanych na rys. 5.

Jako skraplacza najlepiej użyć wężownicy umieszczonej w naczyniu z wodą chłodzącą (rys. 6). W braku wężownicy można posłużyć się układem naczyń szklanych. Dla dokładnego oddzielenia pary wodnej z powietrza dobrze jest stosować adsorbent ($CaCl_2$). *J. Kelasz*

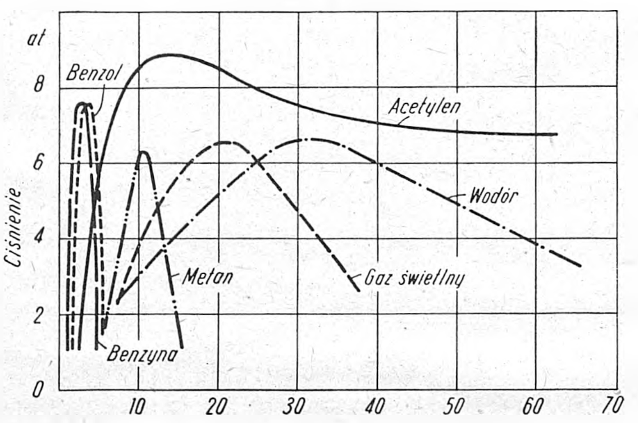
Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych

ZASTOSOWANIE SPRZĘTU ELEKTRYCZNEGO PRZECIWWYBUCHOWEGO W PRZEMYŚLE CHEMICZNYM

W związku ze zleconym GIElowi przez Dep. Techniki P. K. P. G. zbadaniem możliwości zastosowania krajowego sprzętu elektrycznego w pomieszczeniach jednej z wielkich fabryk chemicznych Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych dokonał wstępnej analizy warunków, które muszą być spełnione dla zagwarantowania pewności ruchu wyposażenia elektrycznego, pracującego w różnych gałęziach przemysłu chemicznego w atmosferze wybuchowych gazów przemysłowych. Zagadnienie to wydało się nam tym bardziej ważne, że bardzo poważny rozwój przemysłu chemicznego w okresie najbliższych 6 lat oraz duży udział sprzętu elektrycznego w wyposażeniu fabryk tego przemysłu, postawią przed krajowym przemysłem elektrotechnicznym niełatwe zadania natury konstrukcyjnej. Przemysł nasz bowiem nie produkuje dotychczas maszyn elektrycznych i aparatów, które by całkowicie odpowiadały wymaganiom bezpieczeństwa, wysuwanym dla urządzeń elektrycznych pracujących w pomieszczeniach technologicznych przemysłu chemicznego. Brak jest poza tym miarodajnych pod tym względem polskich norm elektrotechnicznych, gdyż PNE-17, przepisy dla urządzeń kopalnianych, zagrożonych przede wszystkim metanem i pracujących w specyficznych warunkach, nie są dla urządzeń zagrożonych gazami technicznymi odpowiednie.

Miarą wagi powyższego zagadnienia w gospodarce państwowej, przy poważnie rozwiniętym przemyśle chemicznym, może być fakt, iż w Niemczech w roku 1939 zużycie energii elektrycznej w pomieszczeniach z gazami wybuchowymi stanowiło około 1/6 całej produkcji tej energii.

Analiza zjawisk, występujących przy wybuchu mieszanin gazów technicznych i powietrza, prowadzi do podkreślenia trzech zasadniczych momentów decydujących przy



Rys. 1

obiorze środków, które mają zapewnić bezpieczeństwo pracy elektrycznego urządzenia przeciwwybuchowego. Są nimi:

a) najwyższe ciśnienie wybuchu,

b) temperatura zapłonu mieszaniny,

c) zdolność mieszaniny do przerzutu zapłonu przez szczelinę.

C i ś n i e n i e w y b u c h u jest funkcją wielu czynników. Najważniejsze z nich to rodzaj i skład mieszaniny, temperatura osiągnięta przez spaliny, kształt i wielkość osłony oraz wielkość szczelin w osłonie. Zjawiska występujące przy eksplozjach wewnątrz obudowy posiadają przebieg bardzo złożony. Duże znaczenie ma dysocjacja cząsteczek gazowych, która podobnie jak i fakt, że część drobin węgla ulega niezupełnemu spaleniu na CO, prowadzi do zmniejszenia ilości energii cieplnej podnoszącej temperaturę spalin. Ciśnienie wybuchu zwiększa się przy istnieniu wewnętrznych podziałów przestrzeni osłoniętej, połączonych szczelinami. Zanotowano np. ciśnienia przekraczające 15 atm. przy połączeniu dwóch przestrzeni, których objętości miały się do siebie jak 1 : 10. Zależność ciśnienia wybuchu od składu mieszaniny dla najważniejszych gazów i par podaje rys. 1.

Charakterystyczny jest fakt, że największe wartości ciśnień uzyskują mieszaniny o zawartości gazu większej niż stechiometryczna mieszanina całkowitego spalania. Fakt powyższy tłumaczy zjawisko dysocjacji cząsteczek. Najwyższe ciśnienie wybuchu jest podstawą określenia ciśnienia probierczego, któremu bądź to w próbie statycznej (próba wodna), bądź dynamicznej (próba na wybuch) poddawane są osłony szczelne urządzeń przeciwwybuchowych. Zadaniem tego rodzaju osłony jest zlokalizowanie ewentualnego wybuchu do jej wnętrza. Uzyskuje się to przez zapewnienie osłonie dostatecznej wytrzymałości mechanicznej i przez nadanie szczelinom odpowiednich wymiarów, uniemożliwiających przerzut zapłonu z wnętrza osłony do otaczającej przestrzeni pomieszczenia technologicznego.

Przy określaniu t e m p e r a t u r y z a p ł o n u istotne znaczenie posiada okoliczność, czy mieszanina podgrzewana jest do danej temperatury w obecności nagrzanych ścianek, czy też poszczególne składniki, ogrzane w osobnych naczyniach, miesza się wzajemnie, powodując tym zapłon. Poza tym istnieje jeszcze trzeci sposób powodowania zapłonu drogą adiabatycznego sprężania. Przy metodzie pierwszej uzyskujemy z reguły wartości najniższe, co tłumaczy katalityczny wpływ porcelanowych, szklanych lub żelaznych ścianek na przebieg zjawiska. Metoda druga, istotna dla poznania chemicznej i fizycznej strony zjawiska zapłonu, opracowana została przez K. Buntego, który podgrzane składniki mieszał w rurce włoskowatej wykonanej z kwarcu. Wymiary rurki uniemożliwiały wybuch. Następował on dopiero po wprowadzeniu mieszaniny do specjalnego naczynia. Tablica I zestawia temperatury zapłonu uzyskane przy szybkim wprowadzaniu mieszaniny do naczynia o danej temperaturze.

T a b l i c a I

Gaz lub para	Temp. zapłonu	Gaz lub para	Temp. zapłonu
Metan	675 °C	Benzyna	481 °C
Tlenek węgla	610 „	Pentan	476 „
Benzol	587 „	Alkohol etylowy	450 „
Wodór	552 „	Siarkowodór	346 „
Etan	534 „	Acetylen	335 „
Propan	514 „	Eter etylowy	178 „
Butan	489 „	Dwusiarczek węgla	
Etylen	487 „		160 „

Podane w tablicy liczby mają duże znaczenie praktyczne. Dopuszczalne temperatury osłon i innych części urządzeń elektrycznych przeciwwybuchowych winny być w dostatecznym stopniu obniżone w stosunku do wartości określonych jako temperatury zapłonu. Uderzająco niska jest temperatura zapłonu dwusiarczku węgla. W klasyfikacjach przepisów zagranicznych umieszczany jest on z reguły w ostatniej — wprowadzającej największe obostrzenia — grupie zapłonowej. Np. według przepisów radzieckich temperatura zewnętrzna części osłon szczelnych, zagrożonych dwusiarczkiem węgla winna być niższa od 80°. Przeliczenie analogicznych zaleceń dla innych gazów wykazuje, że współczynnik bezpieczeństwa wprowadzony przez przepisy w stosunku do temperatur zapłonu wynosi około 2 do 3.

Z d o l n o ś ć d o p r z e r z u t u z a p ł o n u przez szczelinę określa wielkość luzów przewidzianych w konstrukcjach przeciwwybuchowych. Przepisy niemieckie VDE-171 przewidują podział mieszanin wybuchowych pod tym względem na trzy klasy. Przy szczelinie w osłonie o długości 25 mm przerzut zapłonu następuje przy wielkościach szczelin:

dla klasy pierwszej	większych	od 0,8 mm,
„ „ drugiej	„	„ 0,5 mm,
„ „ trzeciej	mniejszych	„ 0,5 mm.

Głównym reprezentantem klasy pierwszej jest metan, inne węglowodory nasycone oraz pary benzyny i benzolu. Do grupy drugiej należą między innymi gaz świetlny, etylen i tlenek węgla. Grupę trzecią reprezentują acetylen, wodór, gaz wodny i dwusiarczek węgla. Te właśnie gazy z trzeciej klasy wybuchowości są często spotykane w takich gałęziach przemysłu chemicznego, jak produkcja

benzyny syntetycznej, tworzyw plastycznych, buny, jedwabiu sztucznego, żywicy syntetycznej itd. Miarą trudności, które konstruktor napotyka przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z wymienionymi gazami może być okoliczność, że przepisy brytyjskie BS-229 podając dopuszczalne szczeliny dla różnych gazów stwierdzają, że wielkości szczelin bezpiecznych, uzyskane dla acetylenu i pokrewnych są zbyt małe, by mogły być stosowane w urządzeniach elektrycznych przeciwwybuchowych normalnej konstrukcji. Ten niecałkowicie uzasadniony zresztą pesymizm kazałby szukać rozwiązań sprzętu przeciwwybuchowego dla powyższych wypadków w innych formach niż osłona szczelna. Pod uwagę należałoby tu wziąć przede wszystkim osłonę przewietrzaną i olejową.

Powyższe uwagi dotyczą oczywiście maszyn i aparatów elektrycznych, które w warunkach normalnego ruchu powodują powstanie iskier lub łuku. Urządzenia nie wprowadzające tego zagrożenia, a posiadające budowę wzmocnioną, w małym stopniu różnią się od analogicznych urządzeń przeznaczonych do pracy w kopalniach. Fakt ten, jak również istnienie wielu innych punktów stycznych w dziedzinie produkcji i badania wyposażenia elektrycznego dla przemysłu węglowego i chemicznego, jest okolicznością, która w pewnym stopniu ułatwi produkcję w kraju maszyn i aparatów elektrycznych do pracy w pomieszczeniach zagrożonych technicznymi gazami wybuchowymi oraz próbowanie prototypów.

Pierwszy etap prac wykonanych w tej dziedzinie przez GIEl pozwolił na zebranie i krytyczne zanalizowanie obszernego materiału z praktyki zagranicznej. Materiał ten oraz odnośne przepisy szeregu krajów o przodującej technice jest obecnie konfrontowany z naszymi przepisami oraz własnym doświadczeniem (istniejące konstrukcje wykonywane według PNE-17). Będzie mógł on służyć do znowelizowania istniejących przepisów polskich lub opracowania nowych, odpowiadających dalszemu rozwojowi przemysłu elektrotechnicznego i istotnym warunkom pracy sprzętu elektrycznego w atmosferze gazów wybuchowych. Stanowić będzie również wytyczne dla biur konstrukcyjnych przy opracowywaniu nowych rozwiązań.

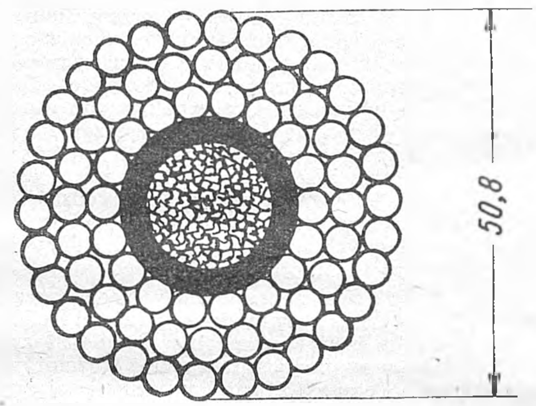
Zakład Elektroenergetyki

STACJA BADANIA SADZI

W r. 1948 Główny Instytut Elektrotechniki przejął stację badania sadzi, znajdującą się na Śnieżce (Karkonosze).

Na stacji tej przeprowadzane były w okresie od 1941 r. badania nad wielkością sadzi na przewodach specjalnych, przede wszystkim na przewodach wiązkowych. Stacja badania sadzi została w okresie wojennym częściowo ewakuowana, częściowo zniszczona. Jedynie z pozostałych części fundamentów konstrukcji wsporczych i rozrzuconych na terenie resztek przewodów i sprzętu oraz z drobnych wzmianek w czasopismach niemieckich można było odtworzyć układ stacji. Stacja badania sadzi posiadała kilka przęseł linii z zawieszonymi różnymi rodzajami przewodów. Przewody wiązkowe składały się z 4 przewodów rurowych miedzianych o średnicy 25 mm, ułożonych w wierzchołkach kwadratu o boku 400 mm, oraz z 4 przewodów stalowo-aluminiowych o przekroju 185 mm².

Odległości między przewodami były utrzymywane przez zastosowanie specjalnych ram z zaciskami (rys. 1), umieszczonych co 20 m. W jednym przęśle zawieszono przewód aluminiowy rurowy o średnicy 50,8 mm. Przewód ten (rys. 2) składał się z trzech warstw drutów aluminiowych o średnicy 4,6 mm (18 + 24 + 30 = 72 druty). Wypełnienie stanowił pęk sznurków papierowych w powłoce ołowianej o grubości 3 mm. Przekrój czynny przewodu wynosił 1 160 mm², ciężar całkowity 5,5 kg/m, ciężar wypełnienia 2,12 kg/m.

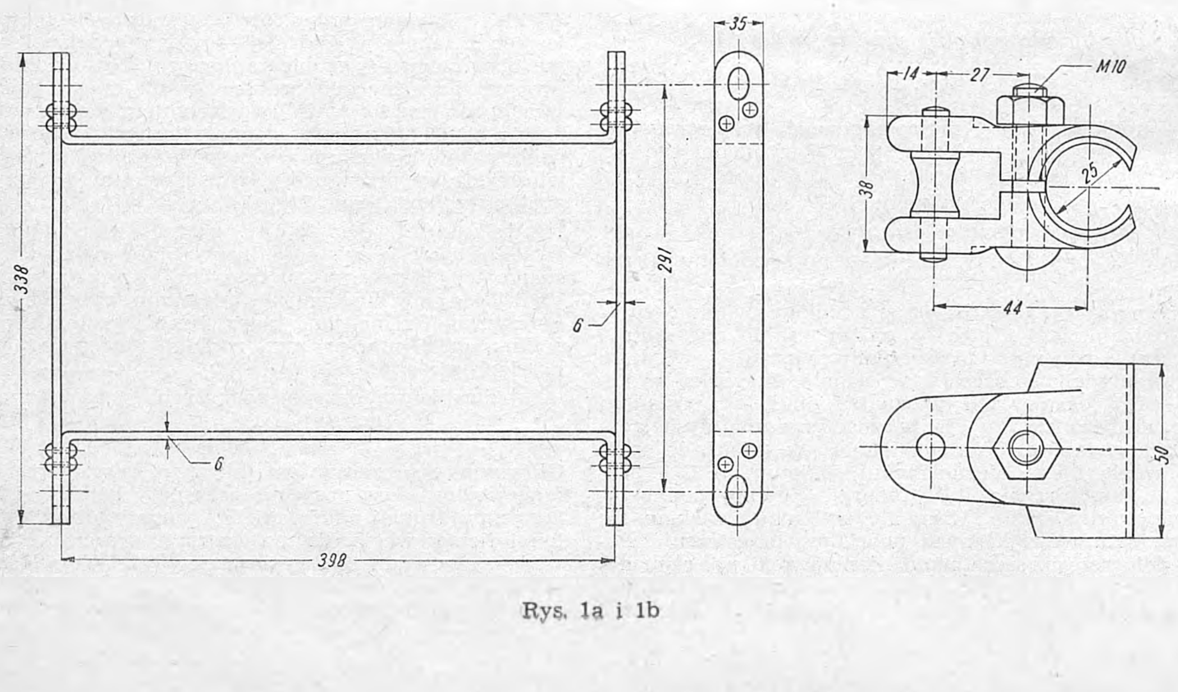


Rys. 2

Stacja badania sadzi na Śnieżce będzie zrekonstruowana w 1950 r. Tematyka badań będzie inna, ponieważ w Polsce nie przewiduje się obecnie potrzeby stosowania przewodów wiązkowych. Należy zaznaczyć, że G. I. El. kompletuje jednak dokumentację techniczną przewodów wiązkowych.

W roku bieżącym zostaną rozpoczęte na zbudowanej na Kasprowym Wierchu stacji sadziowej badania nad szybkością powstawania sadzi na przewodach w zależności od średnicy przewodów. Stanowić one będą uzupełnienie badań zainicjowanych przez dr. Walda.

A. Myślicki



Rys. 1a i 1b

BIBLIOGRAFIA CZASOPISM ELEKTROTECHNICZNYCH

w opracowaniu

GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Nr 4 298-416 1949

Ogólne zasady elektrotechniki

298 621.3.012.8
Three-phase complex power. Shen D. W. C. — Całkowita moc układu trójfazowego odniesiona do wartości jednej fazy. Wartości chwilowe mocy poszczególnych faz. — Electr. Rev., 1947, nr 3655, str. 899—900, 2 rys. A. P.

299 621.3.016.313
Symetrirowanie i preobrazowanie czysła faz mnogofaznych systiem. Cejtlin Ł. — Teoretyczny artykuł ogólny. Wyrównywanie oraz przetwarzanie liczby faz w układach wielofazowych bez użycia transfomatorów. Zagadnienie sprawności w takich układach. Wyrównywanie niesymetrii w układzie trójfazowym. Przetwarzanie układu trójfazowego na jednofazowy i odwrotnie jednofazowego na wielofazowy z dowolną liczbą faz. — Elektriczestwo, 1947, nr 9, str. 55—59, 7 rys. B. K.

300 621.3.016.35
The transient-energy method of calculating stability. Magnusson P. C. — Nowa metoda sprawdzania i analizy równowagi dynamicznej układu energetycznego, składającego się z trzech lub więcej prądnic synchronicznych. Sposób przedstawienia prądnicy (stałe napięcie i oporność przejściowa główna), obciążenia i strat. Przykład obliczenia dla układu trzech maszyn. Podstawowa funkcja skalarna energii potencjalnej, wpływającej na zmianę położenia wzajemnego wirników i określającej ich położenie w stanie ustalonym, następującym po stanie przejściowym. Graficzne wyznaczanie dwóch krytycznych punktów dla funkcji energii potencjalnej. Nowe kryterium równowagi układu energetycznego. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 747—755, 6 tabl., 11 rys. Z. S.

Wytwarzanie energii elektrycznej

301 621.311
The german electrical utility industry during World War II. Noest J. G. — Produkcja energii elektrycznej i moc zainstalowana niemieckich elektrowni (paliwa bitumiczne, antracyt, węgiel brunatny, napęd wodny). Porównanie z przemysłem energetycznym amerykańskim. Wyposażenie elektrowni (regulacja napięcia, chłodzenie). Wyłączniki wysokiego napięcia i ich rodzaje. Transformatory. Linie przesyłowe (współpraca, brak transformatorów poprzecznych, regulacja częstotliwości, uziemienie punktu zerowego). Sieci rozdzielcze. Ochrona od zniszczeń skutkiem działań wojennych. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1037—1051, 4 tabl., 16 rys. Z. S.

302 621.311:33
Analiz pokazatielej topliwoispolzowania w systiemie Ministierstwa Elektrostancyj. Gorszkow A. S. — Zagadnienie zmniejszenia zużycia paliwa przy wytwarzaniu energii elektrycznej. Dane statystyczne zużycia jednostkowego w różnych okręgach Z. S. R. R. w latach 1940—1946. Warunki podwyższenia sprawności wytwarzania (zmniejszenie wilgotności torfu, oczyszczanie węgla itp.). — Elektr. Stanc., 1947, nr 6, str. 25—36, 16 rys. B. K.

303 621.311.17
Ispolzowanie opyta ekspłoatacji w tipowych projektach elektrostancyj. Jermakow D. A., Ostrowski M. J., Szicman S. E. — Artykuł dyskusyjny. Zagadnienie rozplanowania i podziału budynków elektrowni parowych. — Elektr. Stanc., 1947, nr 8, str. 19—24, 1 tabl., 1 rys. B. K.

304 621.311.2.016.31.003
Ob ekonomiczeskich osnowach raspriedielenia nagruzki mieżdu elektrostancjami. Sińkow W. — Rozdział obciążeń z punktu widzenia ekonomii. Kryterium stosunkowych przyrostów spożycia ciepła. Metoda obliczania kosztów paliwa. — Elektriczestwo, 1947, nr 12, str. 50—53, 3 tabl., 1 rys. B.K.

305 621.311.21:621.313.322—131.1
The maintenance of hydroelectric generating units. Robertson A. S., Standing R. O. — Eksploatacja i utrzymanie prądnic w elektrowniach wodnych. Odwadnianie i suszenie dużych prądnic pionowych, zalanych przy powodzi. Opis urządzenia do suszenia próżniowego. Naprawa izolacji uzwojenia wzbudzającego przy pomocy bakielitu. Rodzaje stosowanego bakielitu. Próby na przebicie. Uszkodzenia wału i ich reperacja przy pomocy spawania i właściwej obróbki cieplnej. Łożyska oporowe i ich utrzymanie. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 776—782, 12 rys. Z. S.

306 621.311.22
Schemy komutacji i konstrukcji w elektriczeskoj czasti osnownych położenij po projektirowaniu tiepłowych elektriczeskich stancji. Dwoskin Ł. I. — Projektowanie elektrycznej części elektrowni. Połączenie elektrowni z układem sieci. Dobór transformatorów. Główne rodzaje układów, w których elektrownia oddaje moc na napięciu generatorowym oraz przez podstacje o napięciu 6—10 kV i na napięciu wyższym (35—220 kV). Własne potrzeby elektrowni. Urządzenia rozdzielcze oraz transformatory własnych potrzeb elektrowni. — Elektr. Stanc., 1947, nr 6, str. 6—17, 6 rys. B. K.

307 621.311.22
Littlebrook "A". — Elektrownia o mocy 120 MW w Kent. Młyny węglowe. Kotły o paleniskach pyłowych i wodnych ekranach. Odpopielanie przez wypłukiwanie. Niektóre dane techniczne turbogeneratorów o mocy jednostkowej 60 i 30 MW pracujących w bloku z transformatorami 73 i 36,5 MVA. — Electr. Rev., 1947, nr 3635, str. 123—128, 11 rys. A. P.

Zaopatrywanie w energię elektryczną

308 621.312
Normirowanje udielnych raschodow elektroeniergii pri dobycze ugla na primierie szacht tresta „Szachtantracit" kombinata „Rostowugol". Awiłow—Karnauchow B. N. — Sposób obliczenia całkowitego zużycia energii elektrycznej na tonę węgla wydobytego w kopalniach. Przykład wyznaczenia dla dwu kopalni drogą doświadczalno-obliczeniową zużycia energii na kolejne operacje związane z wydobyciem urobku i usunięciem skał płonnych oraz na odwadnianie i przewietrzanie kopalni. — Promyszl. Energ., 1947, nr 2, str. 7—9, 2 tabl. T. S.

309 621.312
Power distribution in textile plants. Mc Connell J. D. — Rozdział mocy w przemyśle włókienniczym. Zastosowanie elektryczności do oświetlenia. Napęd elektryczny. Układy rozdzielcze, wielkości napięć i częstotliwości. Wymagania, stawiane zastosowaniu elektryczności przez maszyny włókiennicze. Zasada ciągłości zaopatrzenia w energię. Niebezpieczeństwo pożarów. Układ szyn. Zdolność wyłączalna wyłączników. Układ sterowniczy. Zawiesiny i oczyszczanie powietrza. Wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 660—663. Z. S.

310 621.312:669
Electrical developments in metallurgy. Sanderson L. — Rozwój zastosowania elektryczności w metalurgii. Magnetyczna kontrola własności materiałów. Wytrawianie elektrolityczne. Elektryczne sortowanie metali.

Sprawdzanie pokrycia elektrod spawalniczych. Analiza widmowa. Piece łukowe o elektrodach obrotowych. — Electr. Rev., 1947, nr 3657, str. 953—955. A. P.

311 621.312:33
Factors in the economic supply of energy in hydroelectric systems. Frampton A. F., Floyd G. D. — Strona ekonomiczna zaopatrzenia w moc i w energię w danym układzie energetycznym w zależności od rodzaju źródła energii (siłownia wodna i cieplna). Czynniki wpływające na dostawę energii z elektrowni wodnych: konstrukcyjno-inwestycyjne, eksploatacyjne, zależne od obciążenia. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1117—1125, 10 rys. Z. S.

Maszyny elektryczne

312 621.313—755
Analiticzeskij mietod opriedielenia wieliczyny i miesta raspołożenia urawnowieszywajuszczewo gruza pri dinamiczeskoj bałansyrowkie rotora. Dunajew L. J. — Analityczna metoda wyważania wirnika na miejscu jego ustawienia, polegająca na wyznaczaniu nierównomierności przy pomocy zastosowania próbnych ciężarków umieszczonych na wirniku. Założenie: wibracje w łożysku są proporcjonalne do siły wywołującej je. — Elektr. Stanc., 1947, nr 9, str. 20—21, 3 rys. B. K.

313 621.313
O konwiejernom dwigatiele dla ugolnoj promyszlennosti. Gołubiencew A. N. — Analiza przyczyn zakłóceń w ruchu silników o obiegającym stojan wirniku oraz metody ich zwalczania. Wskazówki konstrukcyjne. Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 3, str. 13—14, 2 rys. S. R.

314 621.313:621.317.333
Épreuve de rigidité diélectrique entre spires des enroulements de machines électriques. Galmiche C. — Badanie wytrzymałości elektrycznej uzwojeń maszyn elektrycznych. Zasada metody Rylandera pomiaru przy pomocy wielkiej częstotliwości. Opis urządzenia badawczego. Podstawy przeliczenia wielkości prądu i częstotliwości. — Électricité, 1947, nr 134, str. 225—228, 2 rys. A. M.

315 621.313.016.2
Opriedielenje moszczności dwigatielej pri powtornokratkowremiennom grafikie raboty s uczotom starienja izolacji. Mekler A. G. — Opis metody określania mocy silników do pracy przerywanej przez badanie stopnia zużycia izolacji. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 6, str. 13—15, 12 rys. S. R.

316 621.313.017.21.07—57—59
Potieri energji pri razgonie i tormożenji korotko zamknutych dwigatielej s głubokimi pazami. Gołowan A. T. — Analityczne wyznaczenie strat energii, związanych z prądami rozruchowymi i prądami przy hamowaniu silników głębokożłobkowych. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 6, str. 3—6, 4 rys. S. R.

317 621.313.017.3
Suszka elektriczeskich maszyn potierami w żelezie bez wyjemki rotora. Syromiatnikow I. A. — Suszenie maszyn przez wykorzystanie strat w żelazie. Sposób postępowania, korzyści. Wyniki suszenia generatora na 15 MVA, 6,3 kV (Metro-Wikkers) oraz generatora na 6 MW („Elektrosiła"). — Elektr. Stanc., 1947, nr 8, str. 40—42, 2 tabl., 2 rys. B. K.

318 621.313.042:621.313.017.7
O wyborie elektromagnitnych nagruzok w elektriczeskich maszynach s tiepłostojkoj izolacjej. Szuchatowicz M. J. — Ocena możliwości zwiększenia obciążeń elektromagnetycznych w dotychczas produkowanych modelach silników przez zastosowanie nowych, odpornych na wysoką temperaturę rodzajów izolacji. Rzut oka na możliwe drogi budowy silników o zwiększonym przegrzewie. Wnioski. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 3, str. 11—13, 1 tabl. S. R.

319 621.313.026.443
Standardizing f. h. p. motors. Philpott S. F. — Omówienie konieczności znormalizowania silników o mocy poniżej 1 k. m. ze względu na łatwość produkcji, oszczędniejsze zużycie materiału, racjonalniejsze wykorzystanie narzędzi oraz łatwiejszą wymianę uszkodzonych części. — Electr. Rev., 1947, nr 3641, str. 347—350, 2 tabl., 2 rys. A. P.

320 621.313.026.443
Small-motor standards. Kerr A. N. D. — Znormalizowanie silników o mocy poniżej 1 k. m. w U. S. A. Moment największy w funkcji momentu przy pełnym obciążeniu. Wzrost temperatury. Pojęcie współczynnika przeciążania. Prąd rozruchu. Dobór bezpieczników w zależności od prądu zwarcia dla różnych typów. — Electr. Rev., 1947, nr 3653, str. 805—806, 2 tabl. A.P.

321 621.313.044.6
Namagniczywanje postojannych magnitow — polusow maszyn. Sadowski B. D. — Uzasadnienie teoretyczne poprawek wprowadzonych do obliczeń obwodu magnetycznego maszyn o magnesach stałych ze względu na nierównomierność namagnesowania biegunów. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 12, str. 5—7, 6 rys. S. R.

322 621.313.045:621.315.62
Nowyje tipy izolacji elektriczeskich maszyn. Kalitwianski W. J. — Nowe materiały do izolacji maszyn elektrycznych, stosowane w przemyśle elektrotechnicznym Z. S. R. R. Włókno szklane, emalia „winifleks" oraz materiały celulozowe. — Elektriczestwo, 1947, nr 6, str. 10—18, 7 tabl., 11 rys. B. K.

323 621.313.045.013
The magnetomotive force of 2-layer windings of rotating machines. Stein J. M. — Równania ogólne dla siły magnetomotorycznej uzwojeń dwuwarstwowych. Nowa metoda składania sił magnetomotorycznych poszczególnych przewodów w żłobkach. Nowa metoda sumowania, pozwalająca ustalić równania dla współczynników uzwojenia zarówno pełno — jak i ułamkowożłobkowego. Przykłady równań dla stosowanych w praktyce uzwojeń dwu- i trójfazowych. Obliczanie amplitudy wibracji, szkodliwego momentu napędowego i rozproszenia. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 756—758, 2 tabl., 2 rys. Z. S.

324 621.313.2
O niekotorych woprosach raszczota maszyn postojannowo toka. Joffe A. B. — Niektóre zagadnienia, wyłaniające się przy projektowaniu maszyn elektrycznych prądu stałego, a mianowicie: przewodność strumienia rozproszenia połączeń czołowych komutującej sekcji w wypadku bandaży magnetycznych i niemagnetycznych; reakcja twornika w maszynach o słabym polu, a pracujących z wielkimi przeciążeniami; idealna długość bieguna; liczba amperozwojów stojana; jednobiegunowy system wzbudzenia; naprężenia mechaniczne występujące w połączeniach czołowych na skutek siły odśrodkowej. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 7, str. 2—5, 10 rys. S. R.

325 621.313.2
Serja maszyn postojannowo toka obszczewo primienienja. Gurin J. S. — Krótkie omówienie wad dotychczas produkowanych maszyn prądu stałego dla zastosowania ogólnego serii PN i MP-540. Przegląd warunków stawianych nowej projektowanej serii pod względem zakresów napięć dla silników i generatorów, liczby typów, skali prędkości, wzbudzenia oraz izolacji. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 1—2, str. 14—17, 4 tabl., 3 rys. S. R.

326 621.313.2
D. C. motor operation with rectifier power supply. de Wolf F. T. — Działanie silników prądu stałego zasilanych z sieci prądu zmiennego za pośrednictwem prostowników sterowanych siatką. Znaczenie odpowiedniego kształtu krzywej prądu dla pracy silnika. Analiza zniekształceń krzywej prądu z punktu widzenia przyczyn wywołujących je. Uwzględnienie specjalnych warunków pracy silników przy ich projektowaniu (grzanie i komutacja). — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 4, str. 15—19, 1 tabl., 7 rys. T. S.

327 621.313.2:621.34:621.87
Serja kranowo - mietałurgiczeskich dwigatielej postojannowo toka. Rabinowicz A. A. — Porównanie własności dotychczas produkowanej przez zakłady

„Dynamo" serii silników dźwigowych prądu stałego seria KPD oraz serii projektowanej. Uwagi na temat analogicznych silników produkowanych w Stanach Zjednoczonych, Wielkiej Brytanii i Niemczech. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 1—2, str. 11—14, 2 wykr., 4 tabl. S. R.

328 621.313.2—592
Dynamic braking of two D. C. series motors. Leitch. J. D. — Hamowanie dynamiczne silników prądu stałego, pracujących w układzie szeregowym. Hamowanie jedno- i dwukierunkowe (metoda pojedynczego silnika). Zasady, wady i zalety hamowania dwukierunkowego w układzie o parzystej liczbie silników (metoda dwusilnikowa). Hamowanie dynamiczne przez przełączenie jednego obwodu wirnika i jednego obwodu stojana. Metoda hamowania, stosowana w trakcji elektrycznej prądu stałego (komunikacja miejska). Ulepszenie metody trakcyjnej. Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66. str. 787—790, 12 rys. Z. S.

329 621.313.2.016.3
Udarnoje padienje skorosti dwigatiela postojannowo toka pri wniezapnom priłożenji nagruzki. Kukwa T. W. — Określenie na drodze rachunkowej udarowego spadku prędkości silnika prądu stałego wywołanego nagłym wzrostem obciążenia. Omówienie wpływu samego zjawiska nagłego spadku prędkości silnika oraz charakteru przebiegu tego zjawiska w czasie na działanie maszyny sprzężonej z danym silnikiem. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 4, str. 14—16, 1 tabl., 3 rys. S. R.

330 621.313.2.07—57
Ob uczotie wlijanja induktiwnosti elektrodwigatielej postojannowo toka na proces puska. Pierow A. M. — Określenie na drodze rachunkowej wpływu indukcyjności uzwojenia silnika prądu stałego na przedłużenie czasu trwania rozruchu i zestawienie wyników obliczeń z danymi doświadczalnymi. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 3, str. 20—22, 1 tabl., 3 rys. S. R.

331 621.313.3:621.317.33
Sur les caractéristiques internes des machines à courants alternatifs et sur un dispositif permettant leur mesure directe. Gosselin H. J. — Ogólny opis urządzenia, pozwalającego na bezpośredni pomiar wielkości charakterystycznych maszyn prądu zmiennego. Ogólne pojęcie charakterystyk generatora: wewnętrzna s. el.-m., r oraz ωL, zależne od prądu wzbudzenia oraz wartości i fazy prądu obciążenia. Zastępcza s. el.-m. generatora obciążonego. Schematy teoretyczne i praktyczne układu pomiarowego. Wyniki badań doświadczalnych. — Rev. Gén. Electr., 1949, nr 6, str. 239—247, 11 rys. A. M.

332 621.313.32.011.4
Capacitance of synchronous - machine armature windings determined for high-potential test. Wieseman R. W. — Wyznaczanie prądu ładowania przy próbach napięciowych uzwojeń maszyn synchronicznych. Zależność prądu ładowania od napięcia probierczego dla poszczególnych klas izolacji. Współczynnik stratności izolacji maszyn. Obliczenie pojemności całego uzwojenia względem korpusu oraz uzwojenia jednej fazy względem uzwojeń pozostałych faz uziemionych. Określenie prądu ładowania oraz mocy pozornej potrzebnej do przeprowadzenia próby napięciowej. Wysokość napięcia probierczego dla starych maszyn. — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 7, str. 26—30, 8 rys. T. S.

333 621.313.322:621.316.722
Synchronnyje generatory i awtomaticzeskije regulatory napriażenja giermanskich pieriedwiżnych elektrostancyj. Tichomirow J. W. — Opis niektórych typów synchronicznych generatorów prądu zmiennego i automatycznych regulatorów napięcia, stosowanych w niemieckich elektrowniach przewoźnych. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 9, str 17—20, 9 rys. S. R.

334 621.313.322—81—5
Starting turbo-alternators. Henzell M. P. — Konieczność właściwego uruchamiania i wyłączania z ruchu prądnic turbinowych. Możliwe uszkodzenia skutkiem niewłaściwego rozruchu. Wykres obrazujący przebieg kolejnych czynności w czasie podczas rozruchu. — Electr. Rev., 1947, nr 3650, str. 699—701, 3 rys. A. P

335 621.313.322.017.72
Liquid cooling of a. c. turbine generators. Fechheimer C. J. — Korzyści, wynikające z zastosowania chłodzenia cieczą wirników i stojanów turbogeneratorów. Konstrukcja mechaniczna wirnika i statora z punktu widzenia odmiennej metody chłodzenia. Pochłanianie i przenikanie ciepła. Rozkład temperatury w uzwojeniu twornika i niebezpieczeństwo odkształceń tego uzwojenia. Rozruch turbogeneratora chłodzonego cieczą. Porównanie wymiarów wirnika oraz stojana turbogeneratorów, chłodzonych wodorem i cieczą. Różnice konstrukcyjne turbogeneratorów w zależności od metody chłodzenia. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 553—564, 2 tabl., 6 rys. Z. S.

336 621.313.322.045
O deformacjach obmotok rotorow turbogeneratorow. Mirenburg Ł. A. — Kilka najbardziej typowych wypadków uszkodzeń uzwojeń wirników generatorów. Sposoby usunięcia deformacji. — Electr. Stanc., 1947, nr 6, str. 39—42, 6 rys. B. K.

Transformatory elektryczne

337 621.314.042.14
Transformer iron. — Stratność różnych rodzajów blach transformatorowych wytwarzanych w W. Brytanii i porównanie ich z blachami amerykańskiej produkcji. Blachy walcowane na zimno i na gorąco. Wpływ rodzaju produkcji i obróbki na stratność. — Electr. Rev., 1947, nr 3633, str. 68. A. P.

338 621.314.045:621.3.014
Short-circuit requirements for transformers. Garin A. N. — Wymagania stawiane uzwojeniom transformatora przez prądy zwarć w sieciach. Ogólna dyskusja i podstawy obliczenia prądu zwarcia w warunkach najbardziej niekorzystnych dla transformatora. Wytrzymałość uzwojeń na prądy zwarcia. Moc znamionowa przy pracy ciągłej i jej związek z mocą znamionową przy zwarciu. Rola i znaczenie trzeciego uzwojenia stabilizującego. Amerykańskie przepisy dla wytrzymałości zwarciowej transformatorów i uwagi co do ich nowelizacji. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 710—713, 2 tabl. Z. S.

339 621.314.045:621.315.54
Role that silver played in wartime power transformers. Burnham L. H. — Doświadczenia uzyskane przy produkcji i eksploatacji 12 transformatorów o mocy 12,5 MVA nawiniętych w czasie wojny srebrem z braku miedzi. Porównanie właściwości mechanicznych, cieplnych i elektrycznych srebra i miedzi. Różnice w sposobie produkcji drutów nawojowych srebrnych i miedzianych. — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 12, str. 34—36, 5 rys. T. S.

340 621.314.2:621.315.62
Indoor transformers. Hunter E. M., Rodhouse T. E. — Porównanie dwóch najważniejszych typów transformatorów wnętrzowych: transformatora suchego i wypełnionego niepalnym płynem izolacyjnym („askarel"). Rodzaje stosowanych materiałów izolacyjnych oraz charakterystyczne cechy konstrukcji obydwu typów. Wysokość napięć probierczych dla transformatorów suchych i izolowanych płynami niepalnymi. Dopuszczalne przyrosty temperatur oraz porównanie ciężarów, wymiarów, przeciążalności i konserwacji obydwu typów. Dobór ochronników przepięciowych. Dostosowanie typu transformatora do miejsca jego ustawienia. — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 11, str. 31—37, 5 rys., 4 tabl. T. S.

341 621.314.2:621.316.262
Le renforcement des transformateurs des postes de distribution. Fourcade E. — Analiza zagadnienia powiększania mocy transformatorów w podstacjach rozdzielczych oraz właściwego doboru mocy jednostek z uwzględnieniem wzrostu obciążenia. Przykład liczbowy. — Rev. Gén. Électr., 1949, nr 6, str. 248—252, 2 rys., 5 tabl. A. M.

342 621.314.2.003
Kritieryj sorazmiernosti transformatorow. Trapieżnikow W. A. — Analiza wpływu wielkości elektrycznych transformatora na jego cenę i sprawność. Ocena

doskonałości wykonanych konstrukcji. Możliwości obniżenia kosztów produkcji transformatorów. — Elektriczestwo, 1947, str. 39—44, 3 rys. B. K.

343 621.314.2.015.3
Osnownyje zakonomiernosti impulsnych gradientow w obmotkach transformatorow. Frid E. S. — Naprężenia w uzwojeniach transformatorów przy udarach. Falowe ujęcie zjawisk. Zalety tego rodzaju podejścia do zagadnienia. Wytłumaczenie wpływu układu uzwojeń, liczby cewek i ich nierównomierności oraz kształtu fali na wielkość naprężeń. — Elektriczestwo, 1947, nr 3, str. 28—33, 6 rys. B. K.

344 621.314.2.062
Phase conversion. Corbyn D. B. — Układy połączeń transformatorów służące do przekształcenia prądu jednofazowego na trójfazowy. Wyzyskanie trójprzewodowych sieci prądu stałego. Układ T przy zastosowaniu dwóch jednofazowych dwuuzwojeniowych transformatorów lub autotransformatorów. Układ trzech transformatorów jednofazowych dwuuzwojeniowych lub autotransformatorów połączonych w niepełną gwiazdę po stronie zasilania. Porównanie mocy i kosztów powyższych układów w odniesieniu do mocy całkowitej układu trójfazowego. Wykresy wektorowe i zależności pomiędzy wielkościami elektrycznymi po stronie pierwotnej i wtórnej. — Electr. Rev., 1947, nr 3636, str. 161—165, 3 tabl., 4 rys. A. P.

345 621.314.2.062.1
Wybor ekonomicznowo reżyma paralelnoj raboty transformatorow. Sińkow W. M. — Praca równoległa transformatorów. Dobieranie transformatorów do tzw. obciążenia krytycznego, przy którym straty sumaryczne w obydwóch transformatorach są jednakowe. — Elektr. Stanc., 1947, nr 8, str. 47—48. B. K.

346 621.314.21.045.16
High-voltage power-transformer design. Mallett M. B. — Transformatory z współosiowo rozłożonym uzwojeniem. Metoda przeprowadzania odbiorczych prób napięciem udarowym. Zagadnienie prób przy pełnym napięciu udarowym i zastrzeżenia co do takich prób. Próby równoważne przy obniżonym napięciu udarowym i wyznaczanie rozkładu napięć. Rola izolacji cylindrycznej w transformatorach rdzeniowych i czynniki ograniczające jej stosowanie. Zalety stosowania cylindrycznej izolacji z materiału porowatego. Opis nowej konstrukcji transformatora. Rola wytrzymałości mechanicznej przy zwarciach. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1086—1092, 7 rys. Z. S.

Prostowniki

347 621.314.6
Redresseur mobile pour démarrage des moteurs d avion. Courtefois P. — Opis przenośnego prostownika do rozruchu silników lotniczych, używanego w czasie ostatniej wojny. Schemat układu, dane elektryczne, wyposażenie urządzenia przenośnego. — Électricité, 1947, nr 123, str. 15—16, 4 rys. A. M.

348 621.314.6.013
Elektromagnitnyje procesy w moszcznych wypriamitielach i ich swiaź z parametrami energosnabżajuszczej systiemy. Kostenko M. P. i Neuman Ł. R. — Rozwiązanie równań różniczkowych dotyczących zjawisk elektromagnetycznych w urządzeniach prostownikowych. Dokładna analiza pracy podstawowych układów prostowników w różnych warunkach, a w szczególności przy zwarciach. Przybliżona analiza harmonicznych prądu i napięcia w obwodach prądu stałego i zmiennego. Wyniki badań doświadczalnych. — Electriczestwo, 1947, nr 1, str. 7—21, 13 rys. B. K.

349 621.314.634+621.314.632
Rectifiers: selenium and copper-oxide. Falls H. W. — Porównanie właściwości prostowników selenowych i kuprytowych. Charakterystyki oporności dla przepływu prądu w obu kierunkach. Porównanie ciężarów, konstrukcji oraz dopuszczalnych napięć prostowników obydwu typów. Charakterystyki obciążenia. Dopuszczalne temperatury i przeciążalność. — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 2, str. 34—38, 9 rys. T. S.

Przesył energii

350 621.315:33
Economics of long-distance a. c. power transmission. Crary S. B., Johnson J. B. — Analiza ekonomicznej strony przesyłu energii prądem zmiennym na odległości 100—600 mil. Wpływ stopy oprocentowania i współczynnika jednoczesności na koszt przesyłu energii. Warunek opłacalności stosowania kompensacji. Napięcie gospodarcze w zależności od długości linii i mocy przesyłanej. Wpływ wysokości napięcia na koszty przesyłu. Wpływ kosztów związanych z transformatorami i wyłącznikami na ekonomiczną długość linii i wysokość napięcia. Uziemienie punktu zerowego i oporność czynna przewodów. Maksymalna moc ekonomiczna i moc naturalna. Obniżanie oporności prądnic o napędzie wodnym. Układy linii przesyłowych. Względy ekonomiczne i równowaga w stanie ustalonym i nieustalonym jako punkt wyjścia przy ustalaniu mocy przesyłanej. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1092—1102, 2 tabl., 17 rys. Z. S.

351 621.315.027.7
500 kV transmission line tests. — Próby budowy linii przesyłowych o napięciu 500 kV w U. S. A. — Electr. Rev., 1947, nr 3652, str. 790. A. P.

352 621.315.1:621.316.93
Performance of 161-kV and 115-kV transmission lines. Hapgood K. E., Almon C. P. Jr. — Opis konstrukcji i warunków pracy pod względem ochrony przepięciowej linii napowietrznych na 161 i 115 kV. Warunki topograficzne i geologiczne. Uwzględnienie wytycznych teorii bezpośredniego uderzenia pioruna w konstrukcji słupów. Tabelaryczne zestawienie danych. Częstość wyłączeń. Obciążalność linii. Układy i przekaźniki sygnalizacyjne. Zastosowanie oscylografów samoczynnych. Zasady i rodzaje zabezpieczeń przekaźnikowych oraz zagadnienie ponownego włączania. Zastosowanie i rola przeciwwag. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 863—871, 3 tabl., 3 rys. Z. S.

353 621.315.1:621.317.72
Sztanga dla kontrola izolatorow i kontaktow na liniach i podstancjach. Chomiakow M. B. — Nowa konstrukcja drążka pomiarowego do kontroli stanu izolatorów na liniach i podstacjach oraz do sprawdzania styków odłączników, wykrywania obecności napięcia na zaciskach itp. Sposób obsługi drążka. — Elektr. Stanc., 1947, nr 7, str. 40—43, 6 rys. B. K.

354 621.315.1:621.317.72
Sztanga z elektrostaticzeskim priborom izolacji. Smidowicz W. A. — Drążek pomiarowy z wbudowanym elektrostatycznym woltomierzem do pomiaru rozkładu napięcia na poszczególnych członach łańcucha izolatorów. Konstrukcja drążka oraz techniczne dane przyrządu. — Elektr. Stanc., 1947, nr 7, str. 38—39, 4 rys. B. K.

355 621.315.1.015.3
Udar mołnii w sjeredinu prolota trosa linii elektropieredaczi. Zajenc S. Ł., Kostienko M. W. — Warunki, przy których następuje przeskok między linią odgromową a przewodem roboczym w wypadku uderzenia pioruna w linię. Wyniki prac badawczych. Wytyczne racjonalnej konstrukcji linii przesyłowych. — Elektriczestwo, 1947, nr 6, str. 45—51, 6 rys. B. K.

356 621.315.1.015.532:621.396.823
Radio-noise influence of 230 kV-lines. Borden H. L. — Wpływ linii 230-kilowoltowej na czystość odbioru radiowego. Metody pomiaru. Zależność szmerów od odległości i napięcia podana jest w postaci krzywych. Wpływ zjawiska ulotu. Badanie na linii o napięciu 230 kV Midway-Columbia z przewodami o średnicy 1″. Godzinne zmiany natężenia szmerów. Uzasadnienie teoretyczne zależności natężenia szmerów od energii ulotu i konfiguracji geometrycznej linii przesyłowej. Wnioski. Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 677—683, 9 rys. Z. S.

Materiały przewodowe i izolacyjne

357 621.315.5.018.44
Effective resistance of isolated nonmagnetic rectangular conductors. Dwight H. B. — Zagadnienie uwzględnienia niejednostajnego rozkładu gęstosci prądu w przewodnikach przy obliczaniu opornosci czynnej dla prądu zmiennego. Przewodniki o przekroju prostokątnym. Zakres częstotliwości, w którym wzory mogą być stosowane. Krzywe dla stosunku oporności przy prądzie stałym i zmiennym dla przewodników niemagnetycznych. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 549—552, 4 rys. Z. S.

358 621.315.51
Ob unifikacji sortamienta miednoj krugłoj prowołoki dla elektrotiechniczeskich celej. Kotienko P. M. — Artykuł dotyczy zagadnienia normalizacji asortymentu miedzianego przewodu okrągłego do celów elektrotechnicznych, omawia normy radzieckie i zestawia je z normami zagranicznymi. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 8, str. 22—24, 4 tabl. S. R.

359 621.315.53
New uses for aluminium. Iliff E. D. — Nowe zastosowanie aluminium w ostatnich latach. Szyny zbiorcze i przewody gołe. Przewody izolowane i kable. Rurki i części armatury wnętrzowej. Płaszcze kabli energetycznych i przewodów kabelkowych. Urządzenia elektryczne w kopalniach. Omówienie własności oraz porównanie z miedzią. — Electr. Rev., 1947, nr 3643, str. 445—446. A. P.

360 621.315.612
Sowriemiennyje mietody formlenja kieramiczeskich elektro-izolacjonnych izdielij iz nieplasticznych mas. Woronkow G. A. — Gribowski P. O. — Stiepanow G. A. — Współczesne metody wytwarzania ceramicznych wyrobów izolacyjnych z mas nieplastycznych przez dodawanie środków uplastyczniających i wiążących. Dane dotyczące metody i wyników zastosowania lepików szeregu parafinowo-cerezynowego jako środków uplastyczniających. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 6, str. 16—19, 3 rys. S. R.

361 621.315.612
Silicone insulation as applied to naval electric power equipment. Walker H. P. — Zastosowanie izolacji krzemowej do elektrycznej aparatury pokładowej w celu zmniejszenia wagi urządzeń elektrycznych. Przegląd rodzajów izolacji i dyskusja własności fizycznych, mechanicznych i chemicznych z punktu widzenia potrzeb marynarki. Wymaganie stawiane izolacji krzemowej. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 977—982, 4 tabl. Z. S.

362 621.315.613.1
Opticzeskij mietod kontrola tołszczyny sludianych listoczkow. Miełancholin N. M. — Opis przyrządu optycznego do mierzenia grubości listków miki. Działanie przyrządu polega na wykorzystaniu zjawisk polaryzacji i interferencji światła. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 6, str. 23—24, 1 rys. S. R.

363 621.315.613.1
Le mica et ses succédanés. Déribéré M. — Mika i materiały zastępcze. Stan zaopatrzenia w mikę przemysłu francuskiego w okresie wojennym i powojennym. Możliwości importu. Materiały zastępcze ceramiczne. Mika syntetyczna — próby laboratoryjne, przeprowadzone w okresie wojny. Literatura. — Électricité, 1947, nr 127, str. 111—112. A. M.

364 621.315.615.2
Insulating oil. — Oleje izolacyjne. Przyczyny pogorszania się własności oleju, sposoby przeprowadzania badań, środki zaradcze. — Electr. Rev., 1947, nr 3655, str. 887. A. P.

365 621.315.616
O putiach ułuszczenja elektroizolacjonnych swojstw wysokoprocznych asboriezjitowych pressmatieriałow. Sokołow A. D. i Bakrina E. P. — Dane dotyczące wyników badań wytworów z masy asborezytowej K, przeprowadzonych z uwzględnieniem zmiany własności izolacyjnych z upływem czasu, wpływu domieszek na własności izolacyjne, możliwości otrzymywania masy asborezytowej za pomocą suchej metody. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 9, str. 15—16, 5 tabl. S. R.

366 621.315.616.93
Les résines „Teflon" et leur emploi dans l'industrie électrique. Génin G. — Żywice sztuczne „teflon" i ich zastosowanie w elektrotechnice. Rys historyczny. Opis własności elektrycznych, mechanicznych, chemicznych i cieplnych sztucznych żywic (tetrafluoretyleny). Dane liczbowe. Zastosowanie tetrafluoretylenów. Literatura. — Électricité, 1947, nr 127, str. 105—110, 6 tabl., 4 rys. A. M.

367 621.315.617.4
Cashew resins. Williams A. E. — Omówienie własności chemicznych, elektrycznych i mechanicznych oraz rodzaju obróbki żywicy roślinnej drzewa anacardium occidentale. Zastosowanie do wyrobu lakierów izolacyjnych. — Electr. Rev., 1947, nr 3638, str. 245, 2 tabl. A. P.

Słupy elektryczne

368 621.315.668.1.015.5
Lightning and 60-cycle power tests on wood-pole line insulation. Bellaschi P. L. — Czynniki zasadnicze wpływające na wytrzymałość udarową drewna: długość konstrukcji drewnianej, czas trwania udaru i zawartość wilgoci (w postaci wykresów). Czynniki drugorzędne, od których zależy wytrzymałość udarowa drewna. Niszczące działanie bezpośredniego uderzenia pioruna w słup drewniany i środki ochronne. Badanie zdolności gaszenia łuku przez drewno poddane działaniu udarowego napięcia przeskoku (ustalenie krytycznej wartości naprężenia). Działanie dejonizujące i możliwość szybkiego włączania ponownego. Zagadnienie prądów upływnościowych. Dyskusja wyników i zastosowanie praktyczne. Wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 838—850, 5 tabl., 22 rys. Z. S.

369 621.315.668.3
Power-line poles. — Słupy żelazo-betonowe o konstrukcji spawanej. Wady i zalety w porównaniu ze słupami drewnianymi i stalowymi. — Electr. Rev., 1947, nr 3640, str. 340, 2 rys. A. P.

370 621.315.668.3
Reinforced concrete poles. Marsh N. F. — Znormalizowane typy słupów stalowo-betonowych wysokich i średnich napięć, zgodnie z normami brytyjskimi. Transport i ustawianie gotowych słupów. — Electr. Rev., 1947, nr 3646, str. 559—560, 6 rys. A. P.

Mufy kablowe

371 621.315.687
Miechaniczeskaja zadiełka kabielnych nakoniecznikow i sojedinitielnych muft. Barszczewski S. W., Kuzniecow P. M. — Omówienie sposobów wykonania zakończeń kablowych metodą zaciśnięcia („opressowki"). Przegląd własności i zalet takiego wykonywania zakończeń kablowych w zestawieniu z innymi metodami. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 6, str. 20—23, 3 tabl., 7 rys. S. R.

372 621. 315.687.2
Copper cable box. — Nowy typ rozgałęźnych muf kablowych tłoczonych z miedzi, lżejszych i bardziej wytrzymałych mechanicznie od dotychczas stosowanych typów. — Electr. Rev., 1947, nr 3633, str. 66, 1 rys. A. P.

Rozrząd

373 621.316
Le dispatching de la région parisienne. Caizergues R. — Rozdział obciążenia w okręgu paryskim. Charakterystyka okręgu paryskiego i jego udział w układzie energetycznym Francji. Organizacja rozrządu. Rozrządcy i ich zadania. Opis urządzeń i aparatów, umożliwiających i ułatwiających pracę rozrządcy, pomiar zdalny, telefonia, schematy układów. — Électricité, 1947, nr 124, str. 23—30, 10 rys. A. M.

Rozdział energii

374 621.316.027.2
Systiema gorodskich raspriedielitielnych sjetiej nisko-wo napriażenia s iskustwiennymi nejtralnymi toczkami. Kulikowski A. — Miejskie sieci rozdzielcze niskiego napięcia ze sztucznymi punktami zerowymi umieszczonymi w pobliżu centrum obciążenia. Przebudowa istniejących sieci trójprzewodowych na trójprzewodowe ze sztucznym punktem zerowym dla podwyższenia napięcia. Celowość stosowania sztucznych punktów zerowych. — Elektriczestwo, 1947, nr 9, str. 45—54, 4 tabl., 6 rys. B. K.

375 621.316.062.9.016.313
Unbalanced impedance star network. Wilkinson E. — Nierówne oporności pozorne w układzie gwiazdowym. Nowa metoda wykreślna wyznaczania zera układu gwiazdowego nierównych oporności pozornych, zasilanych ze źródła trójfazowego napięcia niesymetrycznego. Wypadki specjalne: nierówne oporności rzeczywiste, nierówne oporności pozorne w wypadku równych indukcyjności wzajemnych linii. — Electr. Rev., 1947, nr 3649, str. 660—662, 8 rys. A. P.

376 621.316.1.027.2.017.2
Sniżenie potier eniergii w gorodskich raspriedielitielnych sjetiach putiom regulirowania nagruzki fidierow. Kulikowski A. A. — Racjonalizacja rozdziału energii elektrycznej w sieciach miejskich. Najwygodniejszy sposób rozdziału obciążeń. Sposoby obniżenia wielkości strat energii w poszczególnych odpływach kablowych. — Electr. Stanc., 1947, nr 12, str. 29—32, 1 tabl., 2 rys. B. K.

377 621.316
Sjelskije elektrostancji i triebowania k ich elektriczeskomu oborudowaniu. Sazonow N. A. — Krótki przegląd istniejących podstacji wiejskich. Wymagania stawiane urządzeniom wiejskim. Normalizacja tych urządzeń. — Elektriczestwo, 1947, nr 3, str. 45—48, 4 rys. B. K.

378 621.316.3.016.313
Residual currents. Stubbings G. W. — Metoda obliczania wartości i fazy wyrównawczego prądu w przewodzie zerowym przy niewyrównanym obciążeniu. — Electr. Rev., 1947, nr 3637, str. 224—225, 1 rys. A. P.

379 621.316.311
Wiring blocks of flats. — Instalacje domowe w dużych blokach mieszkalnych. Piony zasilające 12 obwodów. Skrzynki rozdzielcze i bezpiecznikowe. Uziemienia. — Electr. Rev., 1947, nr 3653, str. 797—799, 6 rys. A. P.

Wyłączniki

380 621.316.57
High-speed reclosure. Mortlock J. R. — Zastosowanie szybko działających samowłączających wyłączników w układach najwyższych napięć. Zalety metody wyrzucania zwarć w porównaniu z systemem kompensacji. Konieczność szybkiego działania wyłączników ze względu na stateczność układu. Wpływ drgań własnych obwodu na wartość napięcia powrotnego. Zalety stosowania wyłączników z dodatkowym oporem czynnym. — Electr. Rev., 1947, nr 3639, str. 275—277, 4 rys. A. P.

381 621.315.014.3:621.316.57
Jawlenia w dugogasjaszczych ustrojstwach maslanych wykluczatielej pri wniezapnom wozrastanii otkluczajemowo toka. Akodis M. M. — Wypadki gwałtownych wzrostów prądu zwarcia na skutek dodatkowych uszkodzeń w linii. Zachowanie się wyłączników olejowych pracujących w takich warunkach. — Elektr. Stanc., 1947, nr 5, str. 35—39, 6 rys. B. K.

382 621.316.57
K woprosu ob awariach s wykluczatielami tipa MGG. Mielkunow A. M. — Przyczyny uszkodzeń w wyłącznikach typu MGG. Podstawowe przyczyny wypadków. Przyczyny powstawania łuku na głównych stykach. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 8, str. 10—12, 3 rys. S. R.

383 621.316.57.064.241:621.316.925.43
Selective tripping of low-voltage air circuit breakers. Deans W. — Zagadnienie wybiorczości obwodu wyzwalającego w wyłącznikach powietrznych niskiego napięcia i wymagania stawiane takiemu układowi. Opis wybiorczego obwodu wyzwalającego. Wyposażenie wyłącznika w dwuczasowy obwód wyzwalający (zabezpieczenie przetężeniowe) dla dwóch zakresów prądowych. Wybór zasady przekaźnika nadprądowo-czasowego o czasie zależnym ze względu na synchronizację działania wyłączników. Dopasowanie cewki wyzwalającej do wartości prądu przy normalnych warunkach pracy. Zamykanie wyłącznika wyposażonego w wybiorczy obwód wyzwalający w przypadku zwarcia. Kaskadowe układy wyłączników. Wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 971—976, 2 tabl., 5 rys. Z. S.

384 621.316.57.064.25
Nowyje małoobjomnyje maslanyje wykluczatieli tipa WMG—133 zawoda „Urałelektroapparat". Biczrukow W. M. — Charakterystyka techniczna małoolejowych wyłączników typu WMG—133 produkowanych przez fabrykę „Urałelektroapparat". Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 8, str. 13—14, 2 tabl., 1 rys. S. R.

385 621.316.57.064.25:621.314.224.3
Charaktieristiki izolacji wysokowoltnych apparatow. Kalinin E. W. — Rezultaty wysoko-napięciowych prób wyłączników olejowych i transformatorów prądowych produkcji radzieckiej. Dane dotyczące aparatów nie będących obecnie w sprzedaży, lecz znajdujących się w znacznej ilości w eksploatacji. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 7, str. 15—18, 5 tabl. S. R.

Urządzenia regulacyjne

386 621.316.7
Servomécanismes et régulateurs. Critères de stabilité. Exemples d'applications. Galmiche Ch. — Część I. Pojęcie serwomechanizmu. Teoria działania. Stateczność pracy. Część II. Metody analizy matematycznej pracy serwomechanizmów. Część III. Przykłady: regulacja obrotów silnika przy użyciu rototrolu i regulacja napięcia układem lampowym. Opis urządzeń regulacyjnych, zasady działania i analiza teoretyczna. Bibliografia. — Rev. Gén. Électr., 1949, nr 1, str. 19—30, 15 rys. A. M.

387 621.316.7:621.311.21
Sowriemiennyje systiemy awtomaticzeskowo uprawlenja krupnymi gidroagregatami. Hirszberg W .W., Arson G. S., Czałyj G. W. — Artykuł dotyczy współczesnych systemów samoczynnego sterowania wielkimi zespołami hydroelektrycznymi. Przegląd zalet i sposobów samoczynnego sterowania pracą elektrowni wodnych. Podstawowe zasady projektowania schematów zautomatyzowanych urządzeń sterujących. Opis urządzeń zautomatyzowanych Rybińskiej elektrowni wodnej. Zagadnienie samoczynnej synchronizacji. Wnioski. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 5, str. 13—18, 6 rys. S. R.

388 621.316.722
Electronic stabilizer for power transmission. Alexanderson E. F. W., Prince D. C. — Opis nowego układu do regulacji napięcia przy pomocy zmiany prądu obciążenia. Działanie oporności biernej przyłączonej na zaciskach prądnicy. Zmiana oporności przy pomocy układu elektronowego, który jednocześnie utrzymuje prąd i napięcie na właściwym poziomie. Zalety regulatora elektronowego (który działa na oporność przejściową głównej prądnicy) w stosunku do regulacji prądu wzbudzającego. Podstawy teoretyczne i opis układu modelowego: sztuczna linia, silnik, prądnica, układ elektronowy (stabilizator). Proces synchronizacji. Działanie siatki sterującej. Zniekształcenie krzywej prądu stabilizatora. Moc stabilizatora. Wnioski — polepszenie warunków pracy z uwagi na równowagę. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 950—958, 9 rys. Z. S.

389 621.316.7
D. C. motor control. — Opis urządzenia do regulacji biegu silników prądu stałego. Zasilanie poprzez prostownik rtęciowy z siatką sterującą. Hamowanie z odzyskiwaniem mocy. — Electr. Rev., 1947, nr 3646, str. 562, 2 rys. A. P.

390 621.313.2:621.316.718.5.076.7
Constant — current systems for electronic control of D. C. motors. Livingston O. W. — Zastosowanie układów elektronowych do regulacji liczby obrotów silników prądu stałego małej mocy. Zasada regulacji napięcia przy stałej wartości prądu. Układy lampowe do uzyskania regulacji obrotów przy stałym momencie obrotowym i do utrzymywania stałej prędkości. Regulacja obrotów silników ponad wartość znamionową. — Gen. Electr. Rev., 1947, nr 5, str. 38—44, 9 rys. T. S.

391 621.313.322:621.316.722
Solution of the general voltage regulator problem by electrical analogy. Harder. E. L. — Zagadnienie ogólne regulacji napięcia w stanie przejściowym. Podstawowe układy regulacji napięcia prądnicy. Równanie różniczkowe względem czasu dla napięcia na zaciskach prądnicy przy dwustopniowym układzie wzbudnic, jako uogólnionym układzie regulacji napięcia. Zagadnienie właściwego doboru stałych czasu, tłumienia i wzmocnienia w poszczególnych obwodach układu regulacyjnego z punktu widzenia szybkości powrotu napięcia na zaciskach do wartości normalnej (przy zakłóceniu). Rola transformatorów tłumiących. Metody odtwarzania układów regulacji napięcia dla badań laboratoryjnych i wyniki pomiarów otrzymane przy pomocy analizatora. Interpretacja wyników i wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 815—825, 3 tabl., 19 rys. Z. S.

Urządzenia zabezpieczające

392 621.314.2:621.316.9
Relay protection of power transformers. AIEE Relay Subcommittee. — Rodzaje zabezpieczeń przekaźnikowych dla transformatorów różnej mocy. Zabezpieczenie różnicowe: transformator i wyłącznik niskiego napięcia. Dążność do eliminacji wyłączników wysokiego napięcia. Zależność zabezpieczenia różnicowego od prądu włączania transformatora oraz czynniki wpływające na wielkość i czas trwania tego prądu. Środki zaradcze. Zabezpieczenie transformatorów przy pomocy bezpieczników wysokiego napięcia i wyłączników niskiego napięcia. Zabezpieczenie przy pomocy przekaźników cieplnych. Przekaźniki ciśnieniowe. Zabezpieczenie Buchholza w połączeniu z przekaźnikami ciśnieniowymi. Ogólne wnioski i zalecenia. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 911—916. Z. S.

393 621.315.1:621.316.925
Zaszczyta dlinnych ili silnonagrużennych linij elektropieredacz. Atabiekow G. — Problem ochrony długich linii przesyłowych. Zastosowanie nowych przekaźników. Graficzne metody obliczania przekaźników oraz układanie schematów przekaźnikowych. — Elektriczestwo, 1947, nr 7, str. 62—67, 15 rys. B. K.

394 621.316.3.061:621.316.925
Analiza relejno - kontaktnych schjem. Gawriłow M. A. — Metody analizy schematów urządzeń zabezpieczających. Zastosowanie specjalnego urządzenia do badania struktury tych schematów. Sposoby rozczłonkowywania układów na części. Określanie współdziałania przekaźników. — Elektriczestwo, 1947, nr 4, str. 5—13, 11 rys. B. K.

395 621.314.2:621.316.925
Typical transformer fault and gas detector relay protection. Madill J. T. — Opis uszkodzeń transformatora, przeciwko którym jedynie zabezpieczenie przekaźnikowe gazowo-ciśnieniowe jest właściwe (sygnał przy gromadzeniu się gazów, wyzwolenie przy wzroście ciśnienia): wady izolacji, zły obieg oleju, zaczepy, zwarcie międzyzwojowe, złącza główne niskiego napięcia, zwarcie wewnętrzne, wadliwa izolacja rdzenia. Zalety wczesnego wykrycia uszkodzeń tego rodzaju w transformatorze. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1052—1060, 1 tabl., 16 rys. Z. S.

396 621.316.925
Statisticzeskije dannyje o robotie relejnoj zaszczyty w energosystiemach ministierstwa elektrostancji za 1945 — 1946 gody. Zejlidzon E. D. — Ogólne dane statystyczne dotyczące pracy zabezpieczeń przekaźnikowych w latach 1945—1946. Klasyfikacja wypadków nieprawidłowego działania ochrony przekaźnikowej według rodzajów chronionych objektów (generatorów, trasformatorów, linii, szyn zbiorczych, silników oraz potrzeb własnych na stacjach). Ogólne przyczyny nieprawidłowego działania przekaźników. Poszczególne rodzaje zabezpieczeń (nadprądowe, różnicowe, od zwarć z ziemią itd.). Działanie urządzeń samoczynnego ponownego włączania. — Elektr. Stanc., 1947, nr 12, str. 22—28, 2 tabl., 4 rys. B. K.

397 621.316.925.43
Over-current relays. Salzmann A. — Zasada działania kierunkowych przekaźników nadmiarowo-prądowych. Schemat przyłączenia przekaźnika poprzez transformatory miernikowe. Przyłączanie przekaźników po stronie górnego i dolnego napięcia. Wykresy wektorowe i omówienie zależności prądowo-napięciowych organów kierunkowych. Electr. Rev., 1947, nr 3645, str. 505—508, 3 rys. A. P.

398 621.316.925.43
Earth-leakage directional relays. — Daines S. A. — Kierunkowe przekaźniki ziemnozwarciowe. Układy połączeń dla prawidłowego działania przekaźników. Wykres wektorowy zależności pomiędzy wielkościami elektrycznymi. — Electr. Rev., 1947, nr 3651, str. 733—734, 3 rys. A. P.

399 621.316.925.45
Fundamental basis for distance relaying on 3-phase systems. Lewis W. A., Tippett L. S. — Układ przekaźnikowy zabezpieczający powinien dzielić zwarcia, ze względu na miejsce ich występowania, na dwie grupy: pomiędzy przekaźnikami i najbliższym punktem podziału linii oraz zwarcia w pozostałych miejscach. Zalety zabezpieczenia odległościowego. Zabezpieczenie przed zwarciami międzyfazowymi i wielokrotnymi z ziemią przy wyzyskaniu prądów liniowych lub fazowych. Zwykłe i ulepszone zabezpieczenie odległościowe przy zwarciach z ziemią. Zasady kompensacji prądowej i napięciowej przy ochronie odległościowej. Działanie ochrony ziemnozwarciowej przy zwarciach trójfazowych i wielokrotnych z ziemią i odwrotnie. Wpływ obciążenia. Zastosowania i wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 694—709, 18 rys. Z. S.

400 621.316 93
Analiz grozowych powreżdienij i odkluczenij w 1946 godu. Burgsdorf W. W., Gerszengorn A. I. — Statystyczne dane dotyczące uszkodzeń wywołanych w sieciach na skutek uderzeń piorunów. Analiza zjawisk w różnych rodzajach sieci napowietrznych o napięciu powyżej 22 kV. Efektywna wartość zabezpieczeń odgromowych. — Elektr. Stanc., 1947, nr 5, str. 40—44, 4 tabl. B. K.

Miernictwo elektryczne

401 621.317.014
Metody raszczota elektroizmieritielnych schjem. Lewin M. — Układy pomiarowe o dwóch zmiennych. Równanie prądu jednej gałęzi schematu w funkcji oporności innych gałęzi. Czułość układów. Metody wykreślne wyznaczania zmiany prądów w układzie, w którym istnieje opór nieliniowy. — Electriczestwo, 1947, nr 7, str. 32—40, 10 rys. B. K.

402 621.317.3 015.3
Field investigation of lightning surges at substations. Gross I. W., Mc Cann G. D. — Badania dokonane nad częstotliwością, wielkością i kształtem fali prądów wyładowań atmosferycznych. Opis badań. Pomiar napięć udarowych przy pomocy sztabek magnetycznych. Ogólna dyskusja uzyskanych wyników: wartość szczytowa fali udarowej, czoło udaru, trwanie do półszczytu udaru. Porównanie wyników z wynikami laboratoryjnymi pomiarów, przeprowadzonych dla odgromników. Zestawienie wyników i wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 569—576, 4 tabl., 9 rys. Z. S.

403 621.317. 333.4
Pilot-cable faults. Fowkes F. K. — Opis metody wykrywania miejsca uszkodzenia kabli do sterowania i kabli telefonicznych, ułożonych wzdłuż linii energetycznych. Określanie punktu uszkodzenia kabla przy pomocy mostka i woltomierza lampowego dwustopniowego. — Electr. Rev., 1947, nr 3642, str. 392—393, 2 rys. A. P.

404 621.315.2:621.317.374
High-voltage cable testing. — Użycie odwróconego mostka Scheringa przy badaniu stratności kabli najwyższych napięć. Zalety stosowania odwróconego mostka Scheringa w porównaniu z prostym. Izolowane i ekranowane pomieszczenie do pomiarów. Użycie wskaźnika zawierającego „magiczne oko", jako bardziej czułego przyrządu zerowego niż galwanometr wibracyjny. — Electr. Rev., 1947, nr 3641, str. 363—364, 1 tabl., 3 rys. A. P.

405 621.316:621.317.382
Metering with transformer-loss compensators. Schleicher G. B. — Zalety stosowania pomiaru mocy odbiorów wysokiego napięcia (zasilanie na napięciu przesyłowym lub rozdzielczym) po stronie niskiego napięcia (czynniki ekonomiczne, ochrona przepięciowa, względy budowlane). Układy kompensujące pozwalające uwzględnić przy pomiarze mocy straty w miedzi i w żelazie transformatora. Zasada kompensatora strat w transformatorze. Wielofazowe układy kompensacyjne. Wskazówki co do sposobu instalowania kompensatorów i zmiany w układzie pomiarowym. Dane niezbędne do cechowania kompensatora i dokładność jego wskazań. Wpływ układu połączeń transformatora i regulacji napięcia przy pomocy zaczepów. Pomiary próbne i cechowanie wstępne. Pomiar mocy biernej w układzie z kompensatorem strat. Różne zastosowania i wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 838—850, 6 tabl., 20 rys. Z. S.

406 621.317:621.315.2.014.4
Internal corona discharges in insulated cables. Greenfield E. W. — Badania wyładowań wewnętrznych w dielektryku aparatury wysokiego napięcia i kabli. Wykrywanie i pomiar wyładowań wewnętrznych i ulotu. Opis układu pomiarowego: zasilanie, obwód wysokiego napięcia, układ mostkowy, obwód detekcji. Zasada działania i przygotowanie próbek. Próby na kablach i wymagania stawiane tym próbom. Dyskusja nad wynikami i wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 591—609, 5 tabl., 21 rys. Z. S.

407 621.317.39
Apparat dla tocznowo kontrola razmierow induktiwnym mietodom. Szczukin A. J. i Feldbaum A. A. — Artykuł zawiera opis aparatu kontrolującego wymiary fabrykatów, którego działanie polega na zmienności indukcyjności układu cewek. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 5, str. 22—24, 2 rys. S. R.

408 621.317.4:621.317.755
Quantitative determination of magnetic properties by use of cathode-ray oscilloscope. Zamsky J. — Opis metody i urządzenia do wyznaczania pętli strat w rdzeniu dla próbek z materiału magnetycznego przy wykorzystaniu ekranu oscyloskopu katodowego. Zalety pomiaru w stosunku do metody Epsteina. Wprowadzone ulepszenia: zmniejszenie przesunięcia fazowego skutkiem sprzężenia pomiędzy stopniami wzmacniacza i stabilizacja napięcia zasilającego. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 783—786, 1 tabl., 10 rys. Z. S.

409 621.317.7.082.74
Applications od the electrodynamic instrument mechanism. Corson A. J., Millar N. P. — Elementarne zasady działania przyrządów elektrodynamicznych. Ogólniony układ pomiarowy. Wykorzystanie związku pomiędzy prądem i momentem napędowym w zależności od metody uzależnienia tego prądu od wielkości mierzonej. Części składowe: układ oporności lub mostek jako detektor dla wielkości mierzonej i mechanizm elektrodynamiczny. Pomiar częstotliwości i temperatury (podane wzory matematyczne). — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1131—1136, 8 rys. Z. S.

410 621. 317. 724
A simplified double-film klydonograph with improved coupling method. Waghorne T. H. — Opis zasadniczych ulepszeń zastosowanych w pomiarach przebiegów udarowych przy pomocy klidonografu. Podwójny układ płyt fotograficznych chroniony przed działaniem światła i odporny na wpływy atmosferyczne. Zależność cechowania klidonografu od jego odległości od części uziemionych. Metody sprzęgania klidonografu z linią wysokiego napięcia (lub z aparaturą) uwzględniające uzyskanie zredukowanego napięcia na układzie rejestrującym i ich zasadnicza modyfikacja. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1114—1116, 7 rys. Z. S.

411 621.317.733.3
Wybor i raszczot galwanomietra dla tiechniczeskowo mosta Tomsona. Awerbuch J. S. — Omówienie warunków wyboru i obliczenie galwanometru zapewniającego możliwość otrzymania najwyższej czułości danego mostka. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 10, str. 20—23, 4 rys. S. R.

Magnesy i cewki

412 621. 318.22
Hiperco — a magnetic alloy. Stanley T. K., Yensen T. D. — Nowy stop magnetyczny. Skład stopu: kobalt, chrom, żelazo. Obróbka cieplna ze względu na własności magnetyczne. Dane otrzymane przy pomiarach prądem stałym (metoda balistyczna): przenikalność początkowa i największa, charakterystyka magnesowania, pętla histerezy. Wyniki pomiarów prądem zmiennym: straty w żelazie (na histerezę i prądy wirowe). Własności mechaniczne i obróbka mechaniczna z uwzględnieniem możliwych warunków pracy. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 714—718, 9 rys. Z. S.

413 621.318.23
Priesowannyje magnity. Zajmowski A. S., Kazarnowski A. Sz. i Kifer J. J. — Przegląd zalet i wad magnesów produkowanych metodą prasowania sproszkowanych stopów o wysokiej koercji w porównaniu z magnesami z jednolitego materiału. Opis technologii wytwarzania magnesów prasowanych. Omówienie rezultatów dokonanych badań i wpływu różnych operacji technologicznych na jakość otrzymanych magnesów. Wnioski. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 5, str. 19—22, 13 rys. S. R.

414 621.318.4.011.3
Data on the high-frequency resistance of coils. Witzig W. F. — Pomiar oporności cewek przy dużej częstotliwości. Opis badanych cewek. Ogólna charakterystyka układów pomiarowych i zasada pomiaru. Układ chłodzenia wodą. Cewki wykonane z przewodnika rurowego i wstążki oraz metody obliczenia ich oporności. Czynniki wpływające na oporność cewki: częstotliwość (w pobliżu rezonansu), oporność właściwa, kształt geometryczny, stosunek średnicy przewodu i odległości między zwojami oraz długości cewki do jej średnicy, przekrój. Współczynnik przeliczenia oporności prostoliniowego przewodu rurowego na oporność cewki. Wnioski. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 764—769, 1 tabl., 13 rys. Z. S.

415 621.318.42
Some fundamentals of a theory of the transductor or magnetic amplifier. Uno Lamm A. — Szerokie zastosowanie dławików magnesowanych prądem stałym (tzw. transduktory) w obwodach prostowników metalicznych. Rozmaite układy połączeń transduktorów i warunki ich współpracy dla idealnej charakterystyki magnesowania. Autotransduktor wielofazowy (układ Nordfeldta bez wzbudzenia własnego). Układ jednofazowy z wzbudzeniem własnym. Analogia do prostownika z siatką sterowniczą. Różnice w charakterystykach dynamicznych obu układów połączeń. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 1078—1085, 14 rys. Z. S.

416 621.318.44:621.317.017.71
Accuracy of temperature measurements on coil surfaces. Beede H. M., Cain B. M. — Porównanie wyników, otrzymanych przy różnych metodach pomiaru temperatury na powierzchni cewek. Wskazówki praktyczne dla pomiarów temperatury przy badaniu silników indukcyjnych, uzyskane drogą prób laboratoryjnych. Podstawy do wyznaczenia dokładności i wiarogodności dokonanych pomiarów temperatury na powierzchni cewek. Błędy pomiarów. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 586—590, 4 tabl., 4 rys. Z. S.

BIBLIOGRAFIA CZASOPISM ELEKTROTECHNICZNYCH

w opracowaniu

GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Nr 5 417-477 1949

Źródła energii

417 539
Nuclear physics and the future. **Oliphant M. L.** — Fizyka atomowa a przyszłość. Zasady wyzwalania energii przy przemianach fizycznych, zachodzących w obrębie atomu oraz przy zanikaniu masy. Typy tego rodzaju przemian. Teoretyczne i doświadczalne podstawy rozszczepiania jądra. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 94, cz. I, nr 79, str. 304—308, 1 rys. Z. S.

418 620.9:621.499.4
Atomenergie und Elektrizitätswirtschaft. **Winiger A.** — Energia atomowa a gospodarka elektroenergetyczna. Zastosowanie energii atomowej. Rys historyczny zagadnienia rozbicia atomu. Schemat elektrowni atomowej. Rola urządzenia pierwotnego i wtórnego. Schemat pieca atomowego. Energia atomowa a energia wodna Szwajcarii. Literatura. — Bull. Schweiz. Elektr. Ver., 1947, nr 21, str. 647—654, 12 rys. A. M.

Ogólne podstawy elektrotechniki

419 621.3.018.3
Recherches sur la démultiplication de fréquence ferromagnétique. **Dehors R.** — Badania teoretyczne i doświadczalne zjawiska powstawania harmonicznych i podharmonicznych w obwodzie rezonansowym z cewkami o rdzeniu żelaznym. Opis doświadczenia. Teoria zjawiska. Rev. Gén. Électr., 1947, nr 11, t. 56, str. 455—467, 1 tabl., 17 rys. A. M.

Gospodarka elektryfikacyjna

420 621.311
Ispolzowanie izbytocznoj eniergii gidroelektrostancyj dla centralizowannowo tiepłosnabżenia. **Korsak S. P.** — Opis centralnej ciepłowni w okręgu murmańskim wykorzystującej nadmiar energii produkowanej przez elektrownie wodne. Strona techniczna i ekonomiczna. Konstrukcja kotłów elektrycznych o mocy 5 MW. Problem izolacji przewodów parowych zasilających. Regulacja temperatury. — Elektriczestwo, 1947, nr 3, str. 39—44, 2 rys., 2 tabl. B. K.

421 621.311:621.31/7
Die Starkstromtechnik in Nordamerika. **Wanger W.** — Aktualny stan techniki prądów silnych w Stanach Zjednoczonych. System energetyczny St. Zjedn. Wielkie elektrownie wodne. Budowa generatorów i transformatorów. Wyłączniki mocy. Rozdzielnie napowietrzne i wnętrzowe. Linie napowietrzne i ich zabezpieczenie. Zagadnienia techniki wielkich mocy. Analizatory prądu zmiennego. Trakcja elektryczna. Sylikony jako materiały izolacyjne. Instytuty naukowo-badawcze. Dyskusja nad referatem. — Bull. Schweiz. Elektr. Ver. 1947, nr 12, str. 323—341, 17 rys. A. M.

422 621.311
The Grid, coal and electricity. **Biles R. W.** — Poprawienie stopnia wyzyskania zakładów wytwórczych przez zmniejszenie rezerw. Rozdział mocy, utrzymanie stałej częstotliwości. Sprawa poprawienia sprawności ogólnej zakładów. Zaopatrzenie w węgiel. Porównanie z warunkami produkcji energii w U. S. A. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, cz. I, nr 74, str. 107—110. Z. S.

423 621.311.2.
Tidd plant electrical system advances new ideas. **Lane F. A.** — Cechy charakterystyczne maszyn i transformatorów elektrowni ze względu na konstrukcję i układ połączeń. Zasadnicza koncepcja elektrycznego układu połączeń. Obwody wzbudzające prądnic. Układ zabezpieczeń. Zespół transformatorów dla prądnic. Układy autotransformatorów. Oszczędności materiałowe uzyskane dla transformatorów drogą wzmożonego chłodzenia olejowego i powietrznego, zredukowanej izolacji, zastosowania rdzeni o wysokiej przenikalności magnetycznej. Zagadnienie sterowania, obwodów pomocniczych (własnych) elektrowni, telekomunikacji i rozdzielni. Zasadnicze wymagania, stawiane obwodowi, zapewniającemu pokrycie potrzeb własnych elektrowni. Zabezpieczenia przekaźnikowe i ich zasady. Charakterystyka rozbudowanej sieci telekomunikacyjnej. Urządzenia rozdzielcze i ich sterowanie. Oświetlenie rezerwowe. — Electr. World, 1947, t. 128, nr 7, str. 69—71 i nr 9, str. 48—50, 3 rys. Z. S.

424 621.311.2
Zagadnienie remontów w siłowni. **Proppe E.** — Wzajemna zależność energetyki i innych przemysłów. Potrzeba planu produkcji i remontów. Remonty bieżące i kapitalne. Wykonanie schematu, rysunków montażowych i części zapasowych. Przygotowanie części zapasowych i materiałów. Ustalenie normy czasu remontów. Przygotowanie i przebieg remontów. — Przegl. Elektr., 1947, nr 1/2, str. 81—86. J. W.

Elektrownie wodne

425 621.311.21:621.3.018.6
Le freinage des groupes générateurs hydroélectriques par l'enclenchement brusque de résistance liquide aux bornes de leurs alternateurs. **Cahen F.** — Wpływ wyłączania oporników wodnych na zachowanie stateczności grupy turbogeneratorów w wypadku nagłych zmian obciążenia. Wyniki obliczeń wykonanych na obrazie sieci, przedstawiających układ przesyłowy Masyw Centralny — Paryż. Wyniki pomiarów dokonanych w elektrowni wodnej w Genissiat. Kryteria i sposób sterowania oraz wskazówki, dotyczące zastosowania metody w elektrowniach, które pracują na niskich spadkach. — Rev. Gen. Electr., 1947, nr 5, str. 257—267, 1 tabl., 19 rys. W. M.

426 621.311.21:627.4
Notice sulla diga ad arco — di Monte Zovo della Societa Adriatica di Elettricità. **Tonini D.** — Zapora łukowa w Monte Zovo. Opis, dane techniczne, projekt, wykonanie konstrukcji zapory. Monte — Zovo jako część zespołu wodnego. Piare — Boile — Vajout. Wysokość zapory 27 m. — Energia Elettr., 1947, nr 2/3, str. 63—68, 1 tabl., 9 rys. A. B.

Zaopatrywanie w energię elektryczną

427 621.312
The domestic load. **Caddell H. A. P.** — Obciążenia domowe. Opis metody wyznaczania przeciętnych współczynników równoczesności obciążeń w gospodarstwach domowych. Przeciętne przebiegi obciążeń dobowych dla różnych typów odbiorników. Tablice współczynników. — Electr. Rev., 1947, 28. III, str. 477—479, 5 rys. A. P.

428 621.312:621.5
Rural electrification and electroagriculture. **Samuels M. M.** — Definicja zagadnienia elektryfikacji wsi i zastosowanie elektryczności w rolnictwie. Zasadnicze trudności i potrzeby. Matematyczne ujęcie technicznej strony zagadnienia. Sprawa uziemień, ochrona transformatorów, wykrywanie miejsca uszkodzenia. Zagadnienie współpracy sieci telekomunikacyjnej z silnoprądową. — Electr. Engng., 1947, t. 66, nr 1, str. 16—25. Z. S.

Maszyny elektryczne

429 621.313:621.3.04
Tooth-ripple losses in unwound pole — shoes. **Gibbs W.** — Różne rodzaje strat w nieuzwojonych nabiegunnikach, spowodowane tętnieniem strumienia magnetycznego. Wpływ konstrukcji nabiegunnika. Wyznaczenie amplitudy tętnienia strumienia. Wpływ harmonicznych. Zmienność przenikalności magnetycznej. Zmniejszanie strat na prądy wirowe. — Journ. Inst.

El. Engrs., 1947, cz. II, nr 37, str. 2—12, 1 tabl., 13 rys. Z. S.

430 621.313:621.165—131.1
Modern bearing practice for vertical water wheel generators. Laffoon C. M., Bandry R. A. — Zasady i konstrukcja nowoczesnych łożysk do turbogeneratorów pionowych. Opis układów ułożyskowania. Produkcja i wymagania. Układ łożysk oporowych. Zmiana nacisku na łożyska oporowe w zależności od nastawienia łopatek w turbinie typu Kaplana. Smarowanie łożysk. Regulacja docisku w łożyskach oporowych. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 363—372, 1 tabl., 15 rys. Z. S.

431 621.313:621.34
Wosstanowlenie elektrodwigatielej izwleczonnych iz zatoplennych szacht. Kiklewicz N. A. — Renowacja silników elektrycznych wydobytych z zalanych wodą szybów kopalnianych. Szczegółowy opis przebiegu suszenia uzwojeń. Badanie stopnia wysuszenia uzwojeń i próba izolacji na przebicie. Dane z praktyki dotyczące stanu izolacji blach i uzwojeń w wydobytych z wody silnikach. Promyszl. Energ., 1947, nr 12, str. 13—14. T. S.

432 621.313 : 621.7
Organizacja warsztatów naprawczych maszyn i transformatorów. Kordecki A. — Rola, podział i współpraca warsztatów naprawczych z fabrykami. Urządzenie warsztatu naprawczego. Kwestie ekonomiczno-organizacyjne. — Przegl. Elektr., 1947, nr 3/4, str. 91—92.

Transformatory elektryczne

433 621.314:621.318:621.365
Application du diagramme circulaire de Blondel à l'étude des appareils statiques à induction Froidevaux J. — I. Ogólne studium działania maszyn indukcyjnych statycznych (transformatorów, cewek indukcyjnych, pieców indukcyjnych). Schemat zastępczy i podstawowe zależności. Wykres strumieni magnetycznych. Wykres kołowy. Uwzględnienie oporności rzeczywistych. II. Zastosowanie wykresu kołowego do studiów nad transformatorami. Przypadek transformatorów rozdzielczych i transformatorów pieców łukowych. — Rev. Gén. Électr., 1947, nr 1, str. 33—47, 2 tabl., 18 rys. A. M.

Przesył i rozdział energii elektrycznej

434 621.311:621.315.052.63
Rural electrification: the use of the single-phase system of supply. Pickles J. S. — Korzyści zastosowania układu jednofazowego (11 kV/460/230 V) do zasilania ośrodków wiejskich o niewielkim zagęszczeniu ludności. Strona ekonomiczna zagadnienia. Oszczędności w kapitale zainwestowanym w stosunku do trójfazowego układu zasilającego. Wyniki i osiągnięcia w praktyce. — Journ. Inst. Electr., Engrs., 1947, cz. I, nr 73, str. 63—64, 4 tabl. Z. S.

435 621.315.1.015.3
Quelques vues d'actualité sur la question des ondes de choc. Langlois-Berthelot R. — Zjawiska elektryczne w liniach przy uderzeniu pioruna. Parametry, charakteryzujące falę udarową. Zjawiska wtórne na liniach — przeskoki i przebicia. Metody zabezpieczenia linii i podstacji przed falami udarowymi. Badania falami udarowymi: udar znormalizowany, udarowa wytrzymałość izolacji. Badanie aparatów i maszyn. Działanie odgromników i iskierników. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1947, nr 73, str. 482—494. A. M.

436 621.315.1
The Grid and its development Lee. I. A. — Przebieg rozbudowy zamkniętego układu sieci wys. nap. (132 kV) w Anglii. Problemy surowcowe powstałe w czasie wojny. Różne inne zagadnienia (konstrukcja aparatów, kable wysokiego napięcia, przeciwdziałanie korozji). Przesył mocy przy wyższych napięciach (254 kV). Zasady normalizacji transformatorów i aparatury elektrycznej. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, cz. I, nr 73, str. 45—48. Z. S.

437 621.315.1.621.3.015.3. : 551.594.2 (494)
Neuere Resultate der Blitzforschung in der Schweiz. Berger K. — Rys historyczny badań nad zaburzeniami atmosferycznymi w Szwajcarii. Pomiary prądów pioruna. Opis laboratorium badawczego na górze San Salvatore. Wyniki pomiarów dokonanych w laboratorium. Omówienie wyników. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1947, nr 25, str. 813—823, 19 rys. A. M.

438 621.315.1.621.3.015.3 : 551.594.2
Gewitterforschung in Schweden. Entwicklung und neuere Resultate. Norinder H. — Rys historyczny badań nad zaburzeniami atmosferycznymi w Szwecji. Rozwój konstrukcji aparatów pomiarowych. Pomiary sztabkami magnetycznymi. Utworzenie instytutu naukowego w Szwecji. Zadania badawcze. Przebiegi fizyczne wyładowań pioruna. Nowe metody badań. Wyniki pomiarów. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1947, nr 25, str. 799—813, 30 rys. A. M.

439 621.315.621.3.051.024 : 621.3.051.025
D. C. Versus A. C. transmission. Taylor A. M. — Porównanie przesyłu energii prądem stałym i zmiennym. Koszty przesyłu energii przy użyciu prądu stałego i zmiennego przy różnych długościach linii, różnych mocach uwarunkowanych statecznością układu. — Electr Rev., 1947, 28. III, str. 491—492. A. P.

Kable i przewody

440 621.315.2
Power cable specification. Barnes C. C. — Rodzaje kabli silnoprądowych. Skrócony przegląd własności ostatnio produkowanych typów kabli i przewodów kabelkowych w W. Brytanii. Pewne dane, dotyczące normalizacji i zastosowania poszczególnych typów kabli. Kable o izolacji gumowej, z materiałów plastycznych (polivinylchloride); papier nasycany olejem, tkaniny nasycane, juta nasycona. — Electr. Rev., 1947, 3. I, str. 20—23, 3 rys. A. P.

441 621.315.222
Mineral-insulated metal-sheathed conductors. Tomlison F. W., Wright H. M. — Przewody w płaszczu metalowym z izolacją z materiałów mineralnych. Uzasadnienie stosowania magnezji jako izolacji. Metody produkcji przewodów i kabli typu MICC. Zabezpieczenie przewodów od uszkodzeń mechanicznych. Próby. Wytrzymałość udarowa izolacji. Ochrona przed wpływami atmosferycznymi. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 94, cz. II, nr 37, str. 84—90. Z. S.

442 621.315.235
Power cables on brackets. Williams P. E. — Kable na konsolkach. Zalety i wady montażu kabli silnoprądowych na wspornikach ponad powierzchnią gruntu. Opis istniejących już instalacji dla kabli cięższych i lżejszych. Warunki pracy złączy kablowych. — Electr. Rev., 1947, 27. VI, str. 1063—1064. A. P.

443 621.315.53
Application of insulated aluminium wire and cable. Ange C. W., Mc Ilceen E. E. — Konieczność ograniczenia zużycia miedzi. Zestawienie danych i omówienie czynników, uzasadniających zastosowanie kabli, oraz izolowanych przewodów napowietrznych z aluminium. Własności chemiczne. Zasady fabrykacji kabli i przewodów z aluminium. Własności mechaniczne. Wielkości, wpływające na zachowanie się aluminium i miedzi przy zmianie temperatury. Własności elektryczne. Spawanie i lutowanie aluminium. Konstrukcja kabli z aluminium. — Electr. World, 1947, t. 128, nr 11, str. 104—113, 6 rys., 13 tabl. Z. S.

444 621.315.55
Aldrej — stop lekki na przewody napowietrzne. Adamski J. — Sprawa materiałów na przewody linii napowietrznych. Dane techniczne aldreju. Korzyści ze stosowania aldreju jako materiału przewodowego. — Przegl. Elektr., 1947, nr 11/12, str. 351—352, 7 tabl. J. W.

Materiały izolacyjne

445 621.315.61
Ogniotrwałe przewody instalacyjne. J. Sk. — Opis właściwości „pyrotenaxu" jako nowego materiału izolacyjnego. — Przegl. Elektr., 1947, nr 11/12, str. 353— 354, 3 rys. J. W.

446 621.315.61
The dielectric properties of cellulose insulation impregnated with semiconducting liquids. Clark F. M. — Definicja idealnego materiału dielektrycznego z punktu widzenia strat. Własności dielektryczne celulozy nasyconej cieczami półprzewodzącymi. Wielkość strat dielektrycznych w cieczach, nadających się do nasycania celulozy. Oporność i współczynnik strat dielektrycznych cieczy przewodzących, półprzewodzących i dielektrycznych. Różne typy materiałów izolacyjnych i syciw. Własności elektryczne próbek i ich najodpowiedniejsza postać. Zalety i zastosowanie nowych materiałów izolacyjnych. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 55—63, 29 rys. Z. S.

447 621.315.612
The growing importance of plastics in the electrical industry. Haffely G. — Rozwój historyczny tłoczyw. Porównanie substancji syntetycznych i naturalnych. Tłoczywa w świetle nauk chemicznych. Surowce do produkcji tłoczyw. Własności materiałów izolacyjnych. Tłoczywa jako materiał zastępczy. Możliwości stosowania tłoczyw w przyszłości. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, cz. II, nr 40, str. 301—307. Z. S.

448 621.315.615 : 1
Insulating oils. Unsworth A. — Oleje izolacyjne. Skrócone omówienie brytyjskich przepisów dotyczących oleju B. S. 148—1933. Zagadnienie przyjęcia zadawalającej próby oleju w związku z utlenianiem i zwiększeniem zawartości kwasów. — Electr. Rev., 1947, 10. I, str. 83—84, 1 rys. A. P.

449 621.315.615.2
Acidity and sludge. Clegg J. A. — Tworzenie się kwasów i osadu w oleju. Omówienie wpływu czynników sprzyjających powstawaniu kwasów i osadów: podwyższenie temperatury, obecność tlenu, wilgotność oleju, wpływ katalizatorów (miedź i inne materiały reagujące chemicznie z olejem), wpływ środków służących do nasycania uzwojeń. — Electr. Rev., 1947, 6. VI, str. 947 do 949, 4 rys. A. P.

450 621.315.618.9
Elegaz-elektriczeskaja gazowaja izolacja. Goldberg B. M. — Elegaz (SF_6), gaz nadający się do izolacji. Stała dielektryczna 2,5, temperatura krytyczna 54°, niepalny, bezwonny, chemicznie obojętny. Zastosowanie w kondensatorach wys. nap., kablach, oraz w generatorze van der Graafa. — Elektriczestwo, 1947, nr 3, str. 15—19, 4 rys., 1 tabl. B. K.

Urządzenia rozdzielcze

451 621.316.57.064.45
Nowsze konstrukcje wyłączników powietrznych. Ney W. — Proces gaszenia łuku sprężonym powietrzem. Wyłączniki z gaszeniem osiowym: opis wyłączników z gaszeniem otwartym. Wyłączniki o gaszeniu promieniowym — opis i szczegóły konstrukcyjne. — Przegl. Elektr., 1947, nr 3/4, str. 111—116, 15 rys. J. W.

Urządzenia regulacyjne

452 621.316.7
Sur l'automatisation dans les usines génératrices et les postes de transformation. Cormidet P. — Artykuł ogólny. Rola automatyzacji w elektrowniach i stacjach transformatorowych, jej dodatnie i ujemne strony, warunki skutecznego i prawidłowego działania, wytyczne doboru oraz ogólne wytyczne organizacji automatycznego sterowania. Rev. Gén. Électr., 1947, nr 9, str. 368—372. W. M.

453 621.316.7:621.317.66
Testing governor performance on electric power systems with improved instruments. Allen I. E., Hess W. B. — Nowe metody sprawdzania regulatorów turbin wodnych i parowych. Opis części mechanicznej i elektrycznej układu pomiarowego, pozwalającego mierzyć wzajemną zależność częstotliwości, mocy dostarczanej i dopływu pary lub wody. Wyniki otrzymane przy posługiwaniu się opisanym powyżej przyrządem zapisującym. Przykłady otrzymanych wykresów i sposoby ich interpretacji. Wnioski co do warunków pracy, nastawienia i stanu utrzymania regulatorów. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 329—342, 31 rys. Z. S.

454 621.316.718.5:621.38
Electronic constant-current motor systems. Livingston O. W. — Zasada działania układów lampowych do celów regulacji obrotów. Wykorzystanie układu prostowniczego, zasilającego obwód wzbudzenia silnika prądu stałego niezmiennym prądem. Zmiana kierunku prądu wzbudzenia. Obwód stałego momentu napędowego i stałej szybkości, wykorzystujący układy lamp elektronowych. Ulepszenie obwodu, utrzymującego niezmienny prąd. Działanie układu regulacyjnego szybkości w razie przekroczenia obrotów przyjętych jako podstawowe. Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 421—431, 9 rys. Z. S.

455 621.311 : 621.316.718.5
La stabilisation du réglage de la vitesse des groupes générateurs à charge indépendante de la fréquence. Keller R. — Stabilizacja regulacji obrotów generatorów przy obciążeniu niezależnym od częstotliwości. Analiza odbiorników o charakterystyce mocy niezależnej od częstotliwości. Trudności regulacji generatorów zasilających takie odbiorniki. Metoda regulacji oparta na zasadzie zmiany napięcia (wzbudzenie) przy zmianie częstotliwości. Przykłady zastosowania i wyniki. — B. B. C. Rev., 1947, nr 6/7, str. 99—104, rys. 11. A. M.

456 621.316.72.076.12
Compensation des réseaux de distribution à l'aide de condensateurs branchés en dérivation. Cahen F. — Kompensacja sieci rozdzielczych przy pomocy kondensatorów w układzie równoległym z obciążeniem. Wpływ kondensatorów na pracę sieci rozdzielczej ustalony na podstawie analizy układu zastępczego sieci. Spadki napięć, straty mocy czynnej i biernej w sieci niekompensowanej. Przykłady liczbowe, wykresy. Analiza elementów obwodu sieci, pochłaniających moc bierną — podział na elementy szeregowe, których zużycie mocy biernej jest proporcjonalne do kwadratu prądu, i równoległe, których zużycie mocy biernej jest proporcjonalne do kwadratu napięcia. Wytyczne rozmieszczenia kondensatorów dla celów kompensacji. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1947, nr 1, str. 42—48, 8 rys. A .M.

457 621.316.722
Le réglage de la marche individuelle et de la marche en parallèle des alternateurs a l'aide de regulateurs compensés et hypercompoundés. Blendinger W. — Regulacja pojedyńczej maszyny i regulacja pracy równoległej generatorów przy pomocy regulatorów kompensacyjnych i nadkompensacyjnych. Stabilizacja pracy równoległej przy pomocy regulatorów statycznych i astatycznych. Kompensacja strat napięcia w transformatorach i linii przez nadkompensację regulatorów. Zastosowanie układu 2 transformatorów napięciowych „V" przy niesymetrycznych obciążeniach. — B. B. C. Rev., 1947, nr 6/7, str. 122—128, 10 rys. A. M.

Urządzenia zabezpieczające

458 621.316.925
Ochrona sieci okręgowych od przetężeń. Kurdziel R. i Biały L. — Systemy ochrony. Ochrona nadmiarowoczasowa niezależna i zależna. Ochrona odległościowa — pomiar oporu pętli — urządzenia pomocnicze — charakterystyki ochrony odległościowej. Przykłady ochrony przekaźnikiem RZ4 (w wykonaniu firmy Siemens i A. E. G.). Ochrona różnicowa podłużna i poprzeczna. Ochrona porównawcza kierunkowa. Wybór przekaźników w zależności od rozwoju sieci. — Przegl. Elektr., 1947, nr 1/2, str. 74—81, 16 rys. J. W.

459 621.315.37 : 621.316.93
Stossversuche an einer Hausinstalation in Uitikon am Albis, 1945. Berger K., Pichard R. — Badanie instalacji domowej napięciem udarowym przeprowadzone w Uitikon. Opis urządzenia pomiarowego oraz instalacji badanej. Program prób. Próby wstępne i próby właściwe. Wyniki prób (zestawienie tabelaryczne). Omówienie wyników (działanie odgromników, wpływ indukcyjności uziemienia odgromnika, wpływ pojemności, wpływ obciążenia). — Bull. Schweiz. El. Ver., 1947, nr 18, str. 543—568, 10 tabl., 35 rys. A. M.

460 621.315.37 : 621.316.93
Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen in Wetzikon und Uitikon für den Schutz von Hausinstallationen

gegen atmosphärische Überspannungen. Berger K. — Wyniki badań nad ochroną instalacji domowych przed przepięciami atmosferycznymi. Wytyczne instalowania odgromników w sieciach niskiego napięcia (w sieciach z punktem zerowym uziemionym i w sieciach, w których stosowane jest „zerowanie"). Wytyczne instalowania odgromników przed budynkami lub w budynkach. Wytrzymałość udarowa sprzętu instalacji domowej. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1947, nr 18, str. 568—570, 5 rys. A. M.

Miernictwo elektryczne

461 621.317 : 621.38
Electronics in measurement. Gitzendanner L. G. — Zastosowania fizyki elektronowej w miernictwie. Fotoelektryczny przyrząd samopiszący, spektrofotometr, przyrząd do pomiaru prędkości drgań i inne nowe przyrządy o wzmacniaczach lampowych. Zasady działania, budowa, czułość. — Gen. Electr. Rev. 1947, nr 8, str. 24—29, 12 rys. S. D.

462 621.38:621.317
Electronics in measurements. Kryter J. R. — Zwiększenie zakresu ścisłych pomiarów dzięki dużej dokładności, znacznemu wzmocnieniu i samoczynnemu działaniu urządzeń elektronowych w technice pomiarowej. Zalety stosowania metod elektronowych. Typowe zastosowania oraz granice stosowalności, które określają celowość korzystania z elektronowych układów pomiarowych. — Electr. Engng., 1947, nr 1, t. 66, str. 31—35. Z. S.

463 621.317.081:53.081
Cohérence dimentionnelle entre unités théorétiques et pratiques. Bodes E. — Zależność między układami jednostek — teoretycznym i praktycznym. Układy jednostek Giorgi'ego Kałantarowa, CGS i techniczny. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1947, nr 8, str. 222—229. A. M.

464 621.317.081
Sur la „rationalisation" des unités et des formules électromagnétiques. Budeanu C. — Porównanie układu „zracjonalizowanego" i „niezracjonalizowanego". Układ CGS. Pochodzenie mnożnika „4π" i jego fizyczne znaczenie. Porównanie wzorów w obu układach. Zalety układu zracjonalizowanego. Rys historyczny zagadnienia. — Soc. Franç. Electr., 1947, nr 74, str. 563—572, 1 tabl. A. M.

465 621.317.49:721.183.318
Le niveaumètre Brown-Boveri. Spaerli A. — Opis przyrządu konstrukcji Brown Boveri do pomiaru poziomu płynów, opartej na zasadzie pola magnetycznego. Rozwiązanie techniczne, przykłady zastosowania. — B. B. C. Rev., 1947, nr 4/5, str. 86—87, 5 rys. A. M.

466 621.317.6:621.317.4
Determination of the D. C. magnetization characteristics of laminated cores using ovelaping joints. Butler O. I. — Metoda wyznaczania charakterystyk magnesowania prądem stałym specjalnych rdzeni uwarstwionych w przypadku, gdy średnia wielkość indukcji magnetycznej jest mniejsza niż 50% indukcji nasycenia magnetycznego. Zastosowanie metody tej przy dowolnej wielkości indukcji i zwiększenie dokładności uzyskanych wyników. Badania przeprowadzone na „mu-metalu" i stalach krzemowych. — Journ. Inst. Electr. Engrs., 1947, cz. II, nr 37, str. 27—32, 6 rys. Z. S.

Trakcja elektryczna

467 621.33(494)
Deux chemins de fer suisses à crémaillère modernisant leur exploitation par l'introduction d'automotrices légères. Hugentobler Ed. — Opis nowych lekkich wagonów silnikowych, zastosowanych w elektrycznej kolei zębatej Gornegrat i Wengernalys. Dane charakterystyczne trasy linii. Opis wozu silnikowego. Schemat elektryczny. Wykresy rozruchu. Dane silników. Porównanie wagonu silnikowego i składu lokomotywa + wagony. Korzyści wprowadzenia wagonów silnikowych. — B. B. C. Rev., 1947, nr 10/11, str. 239—248, 13 rys. A. M.

468 621.33
Warsztaty elektrotrakcyjne P. K. P. Tyszko W. — Cel i zadania warsztatów elektrotrakcyjnych i zajezdni. Organizacja warsztatów. Utrzymanie taboru w latach 1939—1947. Projekt organizacji utrzymania taboru na rok 1965. — Przegl. Elektr., 1947, nr 3/4, str. 92—94, 2 rys. J. W.

469 621.33.033.12+621.333
Motor control for latest New York transit system subway cars. Riley L. G. — Rozbudowa linii kolei podziemnej w r. 1948. Przyczyny stosowania automatycznego hamowania dynamicznego: pewność i bezpieczeństwo ruchu, względy higieniczne. Realizacja łagodnego rozruchu. Synchronizacja hamowania pneumatycznego i dynamicznego. Krótki opis części składowych aparatury elektrycznej. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 900—903, 8 rys. Z. S.

470 621.333
Vehicle dynamos. — Ułatwienie projektowania prądnic samochodowych przez wstępne badania zmian ilości obrotów silnika w funkcji czasu przy użyciu specjalnego analizatora. Prądnice samochodowe lżejsze i mniejsze od dotychczas stosowanych typów. — Electr. Rev., 1947, nr 3643, str. 450, 2 rys. A. P.

471 621.335.2
Elektriczeskoje oborudowanje nowych magistralnych tiepłowozow. Stiepanow A. D. — Opis wyposażenia elektrycznego nowych lokomotyw dyzlowskich. Samoczynna regulacja generatora, systemy przełączeń w obwodzie silników trakcyjnych, zasadniczy schemat lokomotywy. — Wiestn. Elektroprom., 1947, nr 4, str. 5—10, 6 rys. S. R.

472 621.335.2
Diesel-electric locomotives. Regnauld A. — Zastosowanie lokomotyw o napędzie dyzlowsko-elektrycznym do dalekobieżnych pociągów pośpiesznych. Zalety i wady powyższych zespołów w porównaniu z parowozami. Możliwości zastosowania turbin gazowych zamiast silników dyzlowskich. — Electr. Rev., 1947, nr 3644, str. 466—467. A. P.

473 621.335.2
Locomotive testing. — Opis kompletnego urządzenia do badania lokomotyw. Badania termodynamiczne, zużycia opału i wody, sprawności, pomiary prędkości i siły pociągowej. Specjalne wagony wyposażone w elektromagnetyczne hamulce, zastępujące obciążenie składu pociągu. — Electr. Rev., 1947, nr 3639, str. 290—292, 4 rys. A. P.

474 621.335.4
Trolley coaches and PPC street cars provide successful city transportation. Clardy W. J. — Znaczenie miejskiej komunikacji tranzytowej i związane z nią trudności. Zalety specjalnego typu trolejbusu w komunikacji tranzytowej i jego wykorzystanie do obsługi krótkich odcinków. Opis techniczny trolejbusu. — Trans. Amer. Inst. Electr. Engrs., 1947, t. 66, str. 925—929. Z. S.

475 621.335.43
Trolejbusnyj transport. Gałonen J. — Charakterystyczne właściwości komunikacji trolejbusowej w różnych państwach. Rozwój komunikacji trolejbusowej w Z. S. R. R. Porównanie danych dotyczących trolejbusów, a specjalnie ich silników w różnych krajach. Bieżące badania. — Elektriczestwo, 1947, nr 9, str. 18—24, 5 tabl., 3 rys. B. K.

Napęd elektryczny

476 621.34:621.876
Application du changeur de fréquence à l'équipement électrique de certains engins de levage. Vandaele R. — Charakterystyka pracy urządzeń dźwigowych. Zasada działania i zastosowanie zmiany częstotliwości. Zalety napędu o zmiennej częstotliwości. Przykłady zastosowania przetwornicy częstotliwości. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1947, nr 8, str. 453—460, 11 rys. A. M.

477 621.34:621.313.2
Pierechodnyje procesy elektropriwoda w systiemie Leonarda z amplidinom. Bobow K. S. — Teoria stanów nieustalonych maszyn napędowych w układzie Leonarda z amplidyną. Stateczność pracy zespołu przy stanach nieustalonych. Wpływ stabilizujących obwodów amplidyny na pracę układu napędowego. — Elektriczestwo, 1947, nr 4, str. 48—54, 4 rys. B. K.